



EESTI MAAÜLIKOOL
Tehnikakolledž

Martin Haug

**MAA-ALUSE TRANSPORTFURGOONI PROJEKT
KAEVANDUSETTEVÕTTELE**

**UNDERGROUND VEHICLE WAGON PROJECT FOR MINING
ENTERPRISE**

Rakenduskõrgharidusõppe lõputöö
Tehnotroonika õppekava

Juhendaja: lektor Lemmik Käis, MSc

Tartu 2017



Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Bachelor's Thesis	
Author: Martin Haug		Speciality: Technotronics	
Title: Underground vehicle wagon project for mining enterprise			
Pages: 74	Figures: 18	Tables: 0	Appendixes: 13
Department: Tehnikainstituut Field of research: 4. Natural Sciences and Engineering 4.16. Biotechnology relating to Natural Sciences and Engineering Supervisors: Lemmik Käis Place and date: Tartu 2017			
<p>The paper includes a project for four underground vehicle wagons which are built on Volkswagen's model Crafter. Designing was based on the tender documents and additional information was found from literature.</p> <p>The purpose of the work is to design a vehicle wagon which would be suitable for underground mining networks and which shall be able to accommodate 24 people. The project points out arguments on selecting different coatings for metal surfaces, law appliances on building a vehicle wagon, thermal analysis, strength analysis and instructions on how to design and install different components of the wagon.</p> <p>The outcome of this project is a corrosion resistant wagon which is washable, meets the requirements of tender documents, is capable to accommodate 24 people and does not exceed 5 ton weight limit. The work contains exploded views and instructions on how to assembly different parts of the wagon.</p>			
Keywords: VW Crafter, mining shafts			



Eesti Maaülikool		Rakenduskõrgharidusõppe lõputöö	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		lühikokkuvõte	
Autor: Martin Haug		Õppekava: Tehnotroonika	
Pealkiri: Maa-aluse transportfurgooni projekt kaevandusettevõttele			
Lehekülgi: 74	Jooniseid: 18	Tabeleid: 0	Lisasid: 13
Osakond: Tehnikainstituut			
Uurimisvaldkond: 4. Loodusteadused ja tehnika			
4.16. Biotehnoloogia (loodusteadused ja tehnika)			
Juhendaja(d): Lemmik Käis			
Kaitsmiskoht ja –aasta: Tartu 2017			
<p>Töö hõlmab nelja transportfurgooni projekteerimist ning ehitamist Volkswageni baasmudelile <i>Crafter</i>. Projekteerimisel lähtuti hankedokumentatsioonis esitatud nõuetest ning saadi lisainformatsiooni erinevatest kirjandusallikatest.</p> <p>Töö eesmärgiks on projekteerida ja ehitada maa-aluseid keskkonnatingimusi rahuldav transportfurgoon inimeste veoks allmaa kaeveõõntes. Antud töös on välja toodud põhjendused materjalide valikul, lähtumine Eesti Vabariigi seadustest ja normidest, soojustehnilised arvutused, joonised töö korratavuseks, juhised enamuse elementide ja sõlmede valmistamiseks.</p> <p>Antud töö väljundiks on korrosioonikindel furgoon, mis on pestav, hanketingimustele vastav, vastupidav raskele töökeskkonnale ega ületaks koos reisijate massiga sõiduvahendi lubatud kandevõimet. Olulised punktid käesoleva töö puhul on furgooni soojustus, vastavus kehtestatud nõuetele, furgooni kasutamise ohutus, tugevuslikud aspektid ja kogukaal. Lõputöö sisaldab montaažijooniseid, instruktaaži sõlmede valmistamiseks kui ka tehnilisi jooniseid, kus on välja toodud detailide mõõdud ning sõlmed, et väljund oleks korratav.</p>			
Märksõnad: VW Crafter, kaeveõõned, mäetööstus			

SISUKORD

SISUKORD	4
SISSEJUHATUS	6
1. MATERJAL JA METOODIKA.....	7
1.1. Furgooni hanketingimused	7
1.2. Furgooni kasutusohutus	8
1.3. Projekteerimisel kasutatav tarkvara	8
1.4. Materjali pinnete valik	9
1.4.1. Teras metallpinded.....	9
1.4.2. Teras värvpinded.....	10
1.4.3. Alumiiniumi pinded.....	10
2. FURGOONI VALMISTAMISE TEHNOLOOGIA	11
2.1. Keevitustehnoloogia	12
2.2. Soojustehnilised arvutused	13
2.3. Šassii projekteerimine.....	16
2.4. Astmelavade valmistamine	17
2.5. Põranda valmistamine.....	20
2.6. Seinaelementide valmistamine.....	21
2.7. Istmepinkide valmistamine	22
2.8. Katus-lae valmistamine.....	26
2.9. Vasaku seina akende valmistamine	27
2.10. Ukse valmistamine	28
2.11. Valgustuse ja ventilatsiooni paigaldamine	29
2.12. Lõppviimistlemine	30
3. TULEMUSED JA ARUTELU	31
3.1. Turvalisuse parendamisettepanekud	32
KOKKUVÕTE	33
KASUTATUD KIRJANUDS	34
SUMMARY	35
LISAD	36
LISA A – VW Crafter C50 baasi tehniline joonis.....	36
LISA B – soojustehniliste arvutuste lähtekood	36
LISA C – PÕHIKOOSTU MONTAAŽIJOONIS	36

LISA D – ŠASSII JOONISED	36
LISA E – FURGOONI TREPIASTE	36
LISA F – FURGOONI PÕRAND	36
LISA G – FURGOONI SEINAPANEELIDE JOONIS	36
LISA H – FURGOONI KESKMINE ISTUMISPINK	36
LISA I – FURGOONI AKEN	36
LISA J – FURGOONI UKS	36
LISA K – WPS NÄIDIS	36
LISA L – HANKETINGIMUSED	36
LISA M - LIHTLITSENTS	36

SISSEJUHATUS

Antud lõputöö aines saadi üliõpilase praktikakohast, kus ta sooritas 2015/2016 õppeaasta kevadsemestril õppeaine „TE.0587 Tootmispraktika“. Tegu on all hanke korras tehtud tööga, mis hõlmas nelja transportfurgooni projekteerimist ning ehitamist Volkswageni baasmudelile *Crafter*. Projekteerimisel lähtuti hankedokumentatsioonis esitatud nõuetest ning saadi lisainformatsiooni erinevatest kirjandusallikatest.

Töö eesmärgiks oli projekteerida ja ehitada maa-aluseid keskkonnatingimusi rahuldav transportfurgoon inimeste veoks allmaa kaeveõõntes. Antud töös on välja toodud põhjendused materjalide valikul, lähtumine Eesti Vabariigi seadustest ja normidest, soojustehnilised arvutused, joonised töö korratavuseks, juhised enamuse elementide ja sõlmede valmistamiseks.

Töö uudsus ning aktuaalsus seisneb selles, et varasemad maaõõntes olevad transpordivahendid olid aegunud ning polnud piisava kvaliteediga antud keskkonnas töötamiseks. Töö on praktilise väljundiga ning on leidnud kasutust reaalelus. Probleemiks varasemate transpordivahendite juures oli materjalide vähene plastsus ja mitte tõhus korrosiooni- ning veekindlus.

Antud töö väljundiks on korrosioonikindel furgoon, mis on pestav, hanketingimustele vastav, vastupidav raskele töökeskkonnale ega ületaks koos reisijate massiga sõiduvahendi lubatud kandevõimet. Olulised punktid käesoleva töö puhul on furgooni soojustus, vastavus kehtestatud nõuetele, furgooni kasutamise ohutus, tugevuslikud aspektid ja kogukaal. Lõputöö sisaldab montaažijooniseid, instruktaaži sõlmede valmistamiseks kui ka tehnilisi jooniseid, kus on välja toodud detailide mõõdud ning sõlmed, et väljund oleks korratav.

Antud eesmärgi täitmiseks ja lahendamiseks on püstitatud järgmised ülesanded:

1. Hanketingimustega tutvumine.
2. Eesti Vabariigi seaduste ning määrustega tutvumine.
3. Projekteerimiseks sobiva tarkvara valimine.
4. Kirjandusallikate analüüsimine.
5. Soojustehnilised arvutused.
6. Tugevuslikud arvutused.
7. Furgooni projekteerimine.
8. Tulemuste analüüsimine.

1. MATERJAL JA METOODIKA

Käesolevas peatükis tuuakse välja kõik lähteandmed mille järgi hakati furgooni projekteerima.

1.1. Furgooni hanketingimused

Järgnevalt on välja toodud tähtsamad punktid hankedokumendist: [Lisa L]

- Värv vastavalt baasmasina kabiini värvile.
- Mõõdud: kõrgus 1500 mm, pikkus 4200 mm kuni 4500 mm ja laius 2150 mm.
- Soojustatud furgoon, pestava vooderdusega.
- Põrand rihveldatud alumiiniumplekist, paksusega 3 mm.
- Katus väljast kaetud rihveldatud alumiiniumplekiga 3 mm, liitekohad täispikkuses kinni keevitatud.
- Paremal pool kolm väljapoole avanevat ust laius 700 mm, koos akendega.
- Vastupidavad uksekingid ja lukustusmehhanismid.
- Vasakul pool kolm akent mõõtudega 600x600 mm
- Istmed: kuus rida pinke 24 inimesele.
- Pingid dermatiinpolstriga, istmelava laius 350 mm, seljatoe kõrgus 450 mm.
- Reguleeritav sundventilatsioon, 1200 m³/h.
- Kabiinist lülitatav sisevalgustus.
- Kabiinist lülitatavad lisatagatuled (2 tk) furgooni ees külgedel (kaitstud).
- Helkurid furgooni taga ülemistes nurkades.
- Kabiini ja furgooni vahel aken lükandklaasiga.
- Kabiini ja furgooni „pehme“ ja veekindel ühendus.
- Trepp astmega.
- Furgooni kinnitatud pulberkustutid (2 tk, 6 kg).

Jaotisest 1.1. tuleb järeldada, et projekteeritav furgoon peab olema vee- ja korrosioonikindel, et seda oleks võimalik pesta ja kasutada rasketes tingimustes ilma materjale kahjustamata. Inimeste transpordiks on oluline värske õhu tagamine, ohutustehnika, valgustus ja väliskeskkonnast soojem temperatuur. Lisaks on tähtis jälgida, et antud furgoon oleks kaeveõõntes märgatav.

1.2. Furgooni kasutusohutus

„Töötervishoiu ja tööohutuse“ seadusest ja „Töövahendi kasutamise töötervishoiu ja tööohutuse nõuded“, määrusest välja toodud tähelepanekud töövahendi konstrueerimisel [6 ja 7]:

- Kasutatavate töövahendite ohutus-/kasutusjuhendi peab koostama valmistaja.
- Kasutusohutuse seisukohalt tuleb erinevad platvormid, trepid ja muud laadsed töövahendi osad projekteerida nii, et need oleks libisemiskindlad ega takistaks liikumist. Lisaks on oluline, et töövahend oleks piisava tugevusega ettenähtud otstarbel kasutamiseks.
- Töövahend peab olema ohutu, st et peab olema nähtav või kuuldav, kui see liigub – selle probleemi lahendamiseks on furgooni tagaossa paigaldatud kõlar, mis tekitab signaali tagurdamisel, lisaks on külge poogitud ka tuled.
- Töökoha valgustus peab olema piisav, et seda oleks võimalik hooldada, kasulik on kasutada valgusteid nii, et nende paigaldusviis ei ohustaks töötajat.
- Maa-alused kaeveõõned on hämarad ja kehva valgustusega - on oluline, et antud furgoonil oleksid piisava võimsusega valgustid ja gabariitvalgustid, et seda oleks võimalik märgata.
- Töövahend opereerib kaeveteedes, mille kogupikkuseks on rohkem kui 120km, sellest võib järeldada, et igas võimalikus punktis pole võimalik tagada ligipääsu tulekustutitele, mistõttu on oluline lisada töövahendi varustusse vähemalt 2 tulekustutit.
- Töötajate vedu mehaanilisel töövahendil on lubatud vaid sel juhul kui see tagab sõitjate ohutuse, kui seda ei ole tagatud, siis on oluline valida töövahendile selline kiirus, mis tagab töötajate ohutuse.
- Töövahendi hooldus, puhastamine ja parandamine ei tohi ohustada töövahendi kasutaja ega teiste isikute tervist, seepärast oli oluline projekteerida furgoon selliselt, et puuduksid teravad servad ning lahtised detailid.

1.3. Projekteerimisel kasutatav tarkvara

Töös on otsustatud kasutada projekti elluviimiseks kasutada CAD tarkvara SolidWorks, mis sisaldab võimsaid projekteerimistööriistu ja intuitiivset kasutajaliidest. Antud programm

andis võimaluse projekteerida mehaanilist mudelit, analüüsida liikuvaid elemente, testida disaini, koostada tehnilised joonised tootmiseks ning saada ülevaadet lahenduskäikudest. Projekteerimine toimus täielikult 3D mudeli baasil.

Hanketingimustest oli võimalik välja lugeda, et furgoon peaks olema soojustatud, mistõttu oli tarvis teha soojustehnilisi arvutusi. Arvutustulemuste analüüsiks ning programmilõigu koostamiseks kasutati programmi Scilab. Scilab on tasuta tarkvara, mis lubab kasutajal kasutada matemaatilisi operatsioone ning formuleerida graafikuid andmete analüüsiks.

1.4. Materjali pinnete valik

Kaeveõõntes on niiskuse tase kuni 95% ja seda aastaringselt. Metallide kasutamisel on lahutamatuks osaks oksüdeerumine, elektrokeemiline nähtus, mida nimetatakse korrosiooniks [1, lk 3]. Projekteerimise käigus olid kättesaadavad nii alumiinium- kui ka terasprofiilid, siis oli oluline uurida nende omadusi ning kaitsevõimalusi. Mõlemad elemendid nii alumiinium kui ka raud on õhuhapniku ning niiskuse käes kiired korrodeeruma [2, lk 234].

1.4.1. Teras metallpinded

Terasprofiilid võrreldes alumiiniumprofiilidega on keskkonna suhtes tundlikumad kuna nende pinnale ei teki kaitsvat oksiidikihti [2, lk 234]. Rasked teeolud maa-alustes kaeveõõntes eeldavad tugevad konstruktsioonelemente, mistõttu ei olnud võimalik kõiki terasprofiile alumiiniumi vastu vahetada. Sellest lähtudes oli tähtis otsustada milliseid pindeid teraselementidel kasutada.

Elektrokeemilise korrosiooni tõrjeks kasutatakse peamiselt viisi, kus metall kaetakse antud keskkonnas korrosioonile vastupidavama pindega, milleks võib olla metall-, fosfaat-, oksiid- või värvpinne. [1, lk 44]

Korrosiooni- ja kulumiskindluse tagamiseks kasutatakse metallpindeid, mis võivad anda põhimetallile dekoratiivse välimuse kui ka kõvema pinna. Metalli ja pinde vahelise elektrokeemilise protsessi järgi liigitatakse pinded kaheks: anoodpinded ja katoodpinded.

Metallpinded saadakse kuumsukeldus-, pihustusmeetodil või galvaanilise meetodil. [1, lk 45]

Anoodpinne nagu näiteks (Zn) kaitseb rauda seni kuni kogu tsingikiht on lahustunud, see pinne on kasulik kuna pindemetall on aktiivsem, kui raud ja kaitseb seda ka kriimustuste või muude mehaaniliste vigastuste korral edasi. [1, lk 45]

Katoodpind on termodünaamiliselt vastupidavam korrosioonile, aga vigastuste korral hakkab anoodina lahustuma põhimetall. [1, lk 45]

Lähtudes Lõigust 1.4.1. järeldati, et maa-alustes kaeveõõntes, kus on palju lahtist kivimit ning niiske keskkond, oleks paslik kasutada anoodpindeid, mis kaitseksid põhimetalli ka mehaanilise vigastuse korral edasi. Paljude terasprofiilide elektrokeemilise korrosioonitõrjeks valiti just kuumsukeldusmeetod tsingivanni logistilisi, majanduslikke, kui ka praktikabaasiks oleva ettevõtte tehnoloogilisi võimalusi silmas pidades.

1.4.2. Teras värvpind

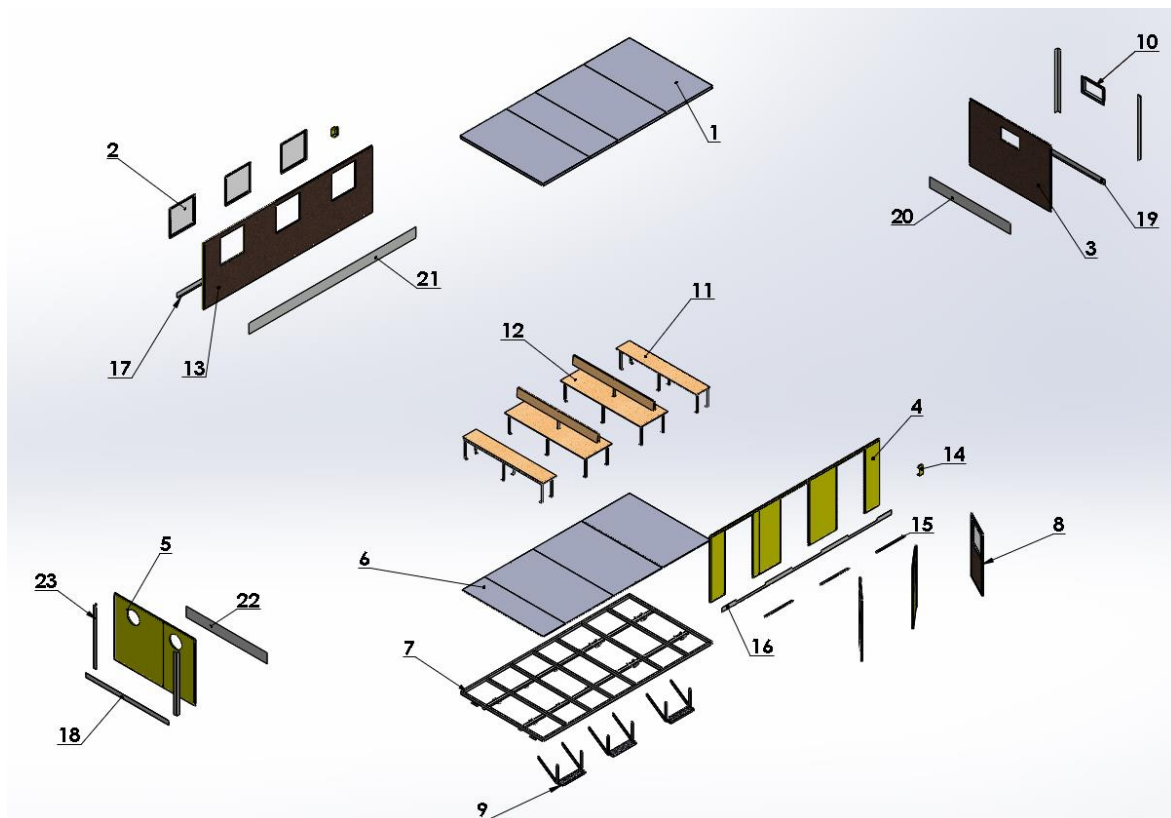
Elektrokeemilise korrosiooni eest metallpinnete kaitsmisel kasutatakse ligi 80% juhtudel värvpindeid. Metallipind valmistatakse värvimise eelselt ette kas mehaanilise puhastamise, keemilise või termilise puhastamisega. Enamlevinud viisiks on mehaaniline viis, kus kasutatakse suruõhu abil tekitatud abrasiivosakeste juga. ISO 8501 standardi kohaselt jaotatakse pinna puhtus 4 klassi: SA 1, 2, 2.5 ja 3. Puhtusklass „Sa 2.5“ puhul puuduvad lahtised rooste ja tagi osakesed ning metalli pind on peaaegu haljas. Koheselt peale pinna puhastamist on oluline katta metalli pind krundiga, mis täidab sideaine rolli värvi ja metallikihi vahel. Hiljem võib teostada värvimistöid – suuremate detailide puhul on kasulik kasutada pneumopihustust. [1, lk 47-49]

1.4.3. Alumiiniumi pind

Alumiinium oksüdeerub õhuhapniku toimel kiiresti kuid tekitab enda pinnale kaitsva oksiidikihi, mille toimel ei toimu reaktsioon edasi. Oksiidpinnete korrosioonitõrje omadused on üsna nõrgad kuid omavad alumiiniumi korral dekoratiivset väärtust. Oma väikese kaalu ning tiheduse tõttu on selle elemendi puhul lai valik erinevaid profiile. [1, lk 46; 59]

2. FURGOONI VALMISTAMISE TEHNOLOOGIA

Põhikoostu tehniline joonis on välja toodud lisas C joonis TN 17/130271 C 00 K. Joonisel 1 on põhikoostust välja toodud illustreeriv montaažijoonis, kus viidatakse millistest detailidest ning alamkoostudest projekteeritav furgoon koosneb.



Joonis 1. Põhikoostu TN 17/130271 A 00 K montaažijoonis. 1 – katuse koost; 2 – vasaku seina akna koost (3x); 3 – esiseina koost; 4 – parema seina koost; 5 – tagaseina koost; 6 – põranda koost; 7 – šassii koost; 8 – ukse koost (3x); 9 – trepiastme koost (3x); 10 – vaheakna koost; 11 – otsapingi koost (2x); 12 – keskmise pingi koost (2x); 13 – vasaku seina koost; 14 – töötule katte koost (2x); 15 – lävepaku koost (3x); 16 – parema seina kinnitusprofiil; 17 – vasaku seina kinnitusprofiil; 18 – tagaseina kinnitusprofiil; 19 – esiseina kinnitusprofiil; 20 – esiseina anodeeritud alumiiniumprofiil; 21 – vasaku seina anodeeritud alumiiniumprofiil; 22 – tagaseina anodeeritud alumiiniumprofiil; 23 – Kuumtsingitud nurgaprofiil (4x).

Transpordivahendi ehitusprotsess algab šassii (joonis 1, detail 7) kinnitamisest baasmudeli külge poltliidete abil. Järgmisena keevitatakse selle külge astmelavad (joonis 1, detail 9). Kolmanda etapina kinnitatakse neetliidete abil painutatud ning kuumtsingitud terasprofiilid (joonis 1, detailid 16, 17, 18 ja 19) alusraami külge, et hiljem siduda omavahel šassii ja seinaelemendid. Järgmise etapina tõstetakse paika põrand (joonis 1, detail 6), mis

kinnitatakse isepuurivate kruvide abil alusraami külge. Viiendaks etapiks on seinaelementide paigaldus – need kinnitatakse painutatud profiilide (joonis 1, detailid 16, 17, 18 ja 19) külge neetliidete abil ning seotakse omavahel terasest nurkprofiilidega (joonis 1, detail 23) neetliidete abil. Selles etapis teostatakse elektrijuhtmete installatsioon. Peale juhtmestiku paigaldust tõstetakse sisse istepingid (joonis 1, detailid 11 ja 12), mis kinnitatakse poltliidetega põranda külge. Furgooni ehitus jätkub katuse (joonis 1, alamkoost 1) paigaldusega – see asetatakse seinaelementide peale ning kinnitatakse ümberringi neetliidete abil. Kui furgooni põhielemendid on koos, monteeritakse külge vasaku seinakolm akent (joonis 1, detail 2), paremas seinas olevad uksed (joonis 1, detail 8), vaheaken (joonis 1, detail 10) ning töötuled mõlemale külgseinale koos nende kaitsekaantega (joonis 1, detail 14). Viimasena paigaldatakse tagaseinas olevatesse avadesse ventilaatorid, kinnitatakse valgustid furgooni sisemusse kui ka šassii külge ning kõik sõlmede vahed suletakse silikooniga, et vältida niiskuse ligipääsu detailide vahele.

2.1. Keevitustehnoloogia

Antud projektis kasutatakse alamkoostude sõlmede valmistamisel keevisliiteid mitmel juhul. Selleks, et antud liited oleks püsivad ning kannataks koormust ning keskkonna kahjulikke mõjusid, tuleb jälgida, et keevisõmblused oleksid teostatud nõuetekohaselt.

Kvaliteetsete õmbluste tagamiseks on olemas WPQR (*welding procedure qualification record*) ehk keevitusprotseduuri heakskiidu protokoll. Antud protokoll sisaldab täielikku teavet keevitusprotseduuris vajaminevaid spetsifikate. Selle paketi põhjal on võimalik luua keevitatavate materjalide WPS (*welding procedure specification*) ehk keevitustehnoloogia kaart. Näidis WPS on välja toodud lisas K.

Antud projekti keevitusklassiks valis autor ISO 5817 põhjal kvaliteediklassi C, mille keevitusdefektide lubatud piirhälbed on välja toodud lisas L.

Enne keevisliidete teostamist tuleb paika seada keevitusparameetrid ning valida sobiv tööde teostamise keskkond. Oluline on jälgida keevitusjärjestust, õigete materjalide kasutust, deformatsioonide teket ning teostada mõõtude kontroll.

Peale sõlme valmimist tuleb teostada lisas L välja toodud ISO 5817 keevitusdefektide lubatud piirhälvete visuaalne kontroll, vajadusel kasutada mõõtevahendeid. Defektide korral

on lubatud teha parandustöid – st kas lihvida või juurde keevitada eeldusel, et ei ületata defektide piirhälvete lubatud mõõtmeid.

2.2. Soojustehnilised arvutused

Hanketingimustes (jaotis 1.1.) on selgelt kirjas, et furgoon peab olema soojustatud ning varustatud ventilaatoritega. Soojuspüsivus ei ole määratud, mis andis võimaluse seinaelementide soojustuskihi paksusega laveerida. Soojustuskihi (isolatsioonikihi) optimaalse paksuse leidmiseks kasutati termodünaamika valemeid ning rakendustarkvara „Scilab“, kus oli võimalik jälgida soojusenergia hulka ning temperatuuri muutusi ajas.

Nii vedelike kui ka gaaside puhul eristatakse kahte liiki voolamist: laminaarne ja turbulentne. Sõidukite puhul on turbulentne voolamine peamiselt tagaosas, mistõttu jättis autor soojustehniliste arvutuste lihtsustamiseks sisse vaid laminaarse voolamise arvutuskäigu. Laminaarsel voolamisel liiguvad kõik vedeliku või gaasi osakesed üksteisega kõrvuti ilma omavahelise segunemiseta - seetõttu on voolamise ristsuunas ainsateks soojuskandjateks molekulid ja soojus levib üksnes soojusjuhtivuse teel. [5, lk 195]

Maa-aluste kaeveõõnte niiskustase on väga kõrge, mistõttu tuleb materjalide valikul olla eriti hoolas. Kuna vesi on õhust tunduvalt parem soojusjuht, siis on oluline, et materjalid ning sõlmed oleksid veekindlad. [3, lk 30]

Soojustehniliste arvutuste tarvis on vaja teada seinaelementide erinevate kihtide paksuseid, pindala, tihedust, erisoojust ja soojusjuhtivust. Kasutatavate materjalide näitajad sai töö autor kirjandusallikatest ning tootja kodulehelt. Arvutusliku poole jaoks on kasutatud nelja erineva materjali näitajaid, milleks on:

1) Vineer: [3, lk 347]

- Tihedus 600 kg/m^3
- Erisoojus $2,51 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$
- Soojusjuhtivus $0,15 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

2) Polüstüreen: [9]

- Tihedus 30 kg/m^3
- Erisoojus $1,34 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$
- Soojusjuhtivus $0,033 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

3) Alumiinium: [3, lk 347]

- Tihedus 2600 kg/m³
- Erisoojus 0,9 kJ/(kg*K)
- Soojusjuhtivus 221 W/(m*K)

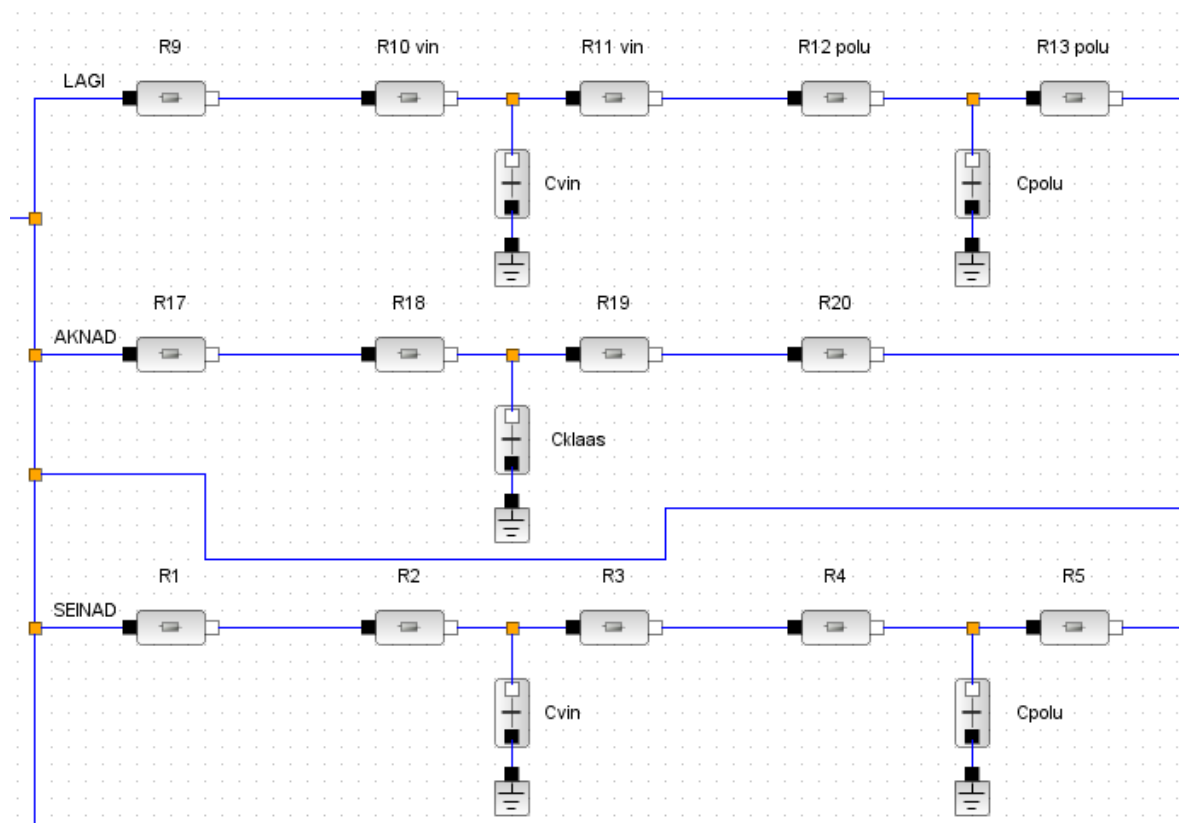
4) Aknaklaas: [3, lk 347]

- Tihedus 2500 kg/m³
- Erisoojus 1,2 kJ/(kg*K)
- Soojusjuhtivus 0,2 W/(m*K)

Inimest saab vaadelda kui soojusallikat. Puhke olekus inimese soojusvõimsus on 60W/h. Selle tulemusena saame arvutada inimeste kehade koguvõimsuse soojusallikana valemist:

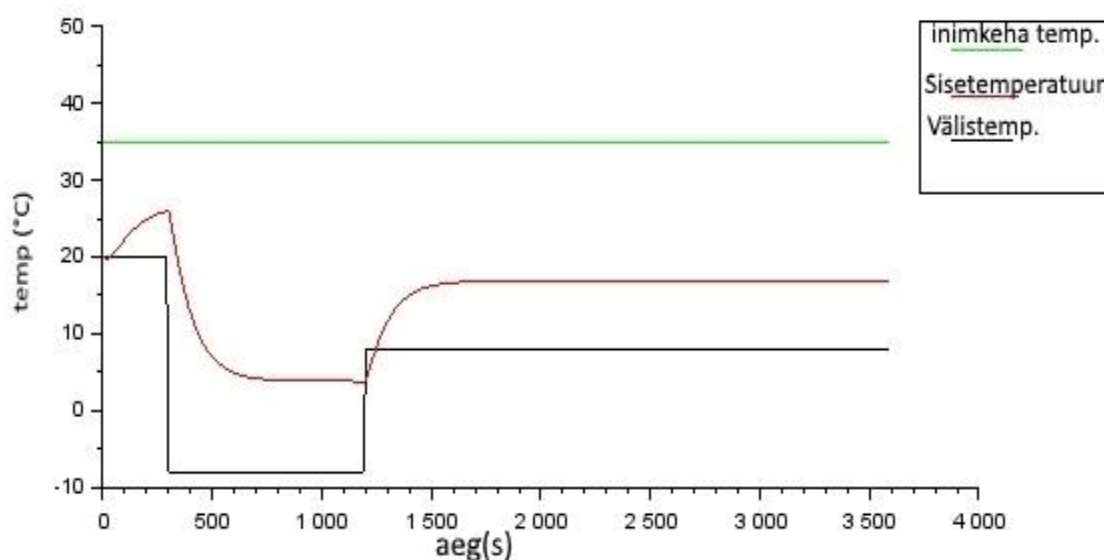
$$P = I_{arv} * I_p$$

kus P – koguvõimsus, I_{arv} – inimeste arv furgoonis, I_p – inimkeha soojusvõimsus.



Joonis 2. Scilab keskkonnas koostatud elektrilise aseskeemi fragment, kuhu omistatakse materjalide soojusaktiivsused ning soojusmahtuvused seinapaneelide kihtide järgi.

Joonisel 2 on koostatud elektrilise aseskeemi fragment, kuhu ühendades voltmeetrid, ajakomponent ja graafikuplokk, on võimalik jälgida furgooni sisetemperatuuri muutust ajas küttekeha olemasolul. Kogu joonis on välja toodud lisa M.

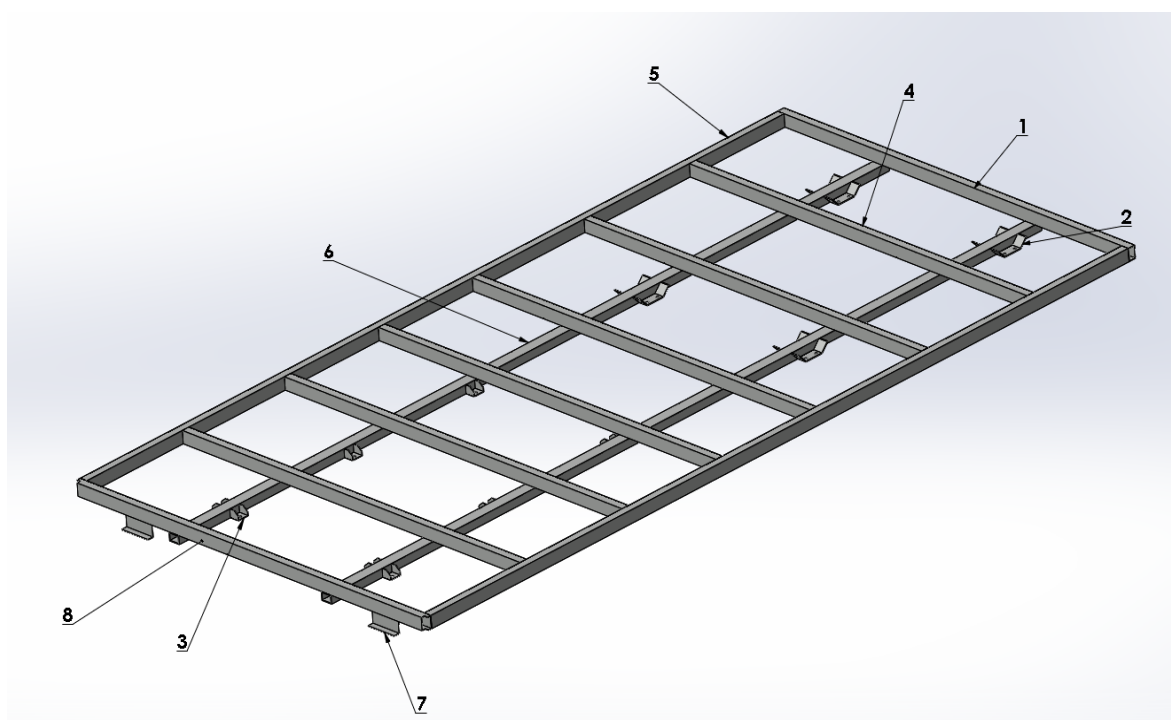


Joonis 3. Temperatuuri muutus furgoonis 1 tunni kestel.

Lisas B on välja toodud furgooni soojustehnilised arvutused, millel põhineb joonisel 3 välja toodud graafik. Esialgu seisab sõiduk ruumis, kus õhutemperatuur on 20 °C. Furgooni siseneb 24 inimest ning temperatuur tõuseb 5 minuti jooksul 26 °C-ni. Sõiduk väljub hoonest välikeskkonda, kus on temperatuur -8 °C. Furgoonis langeb sisetemperatuur 15 minuti jooksul 5 °C peale. Jõudes kaevandusvõrgustikesse, kus on aastaringselt 8 °C, hakkab temperatuur tõusma ning stabiliseerub 18 °C juures. Selline tulemus näitab, et valitud vahtpaneelide paksus 21mm on piisav antud furgooni soojustamiseks.

2.3. Šassii projekteerimine

Joonisel 4 on välja toodud autori poolt projekteeritud šassii mille tehnilised joonised on välja toodud lisa D joonisel TN 17/130271 D 01 K. Šassiiks nimetatakse raami, mille abil on võimalik ühendada furgooni elemendid baasmudeli külge. Antud toruraam koos kinnituskõrvadega on vajalik valmistada täpsete mõõtmetega, kuna see on furgooni alusraamiks. Antud raami projekteerimisel lähtuti hanketingimustes antud lubatud mõõtmetest (jaotis 1.1) ning lisa A välja toodud Volkswageni kodulehelt saadud baasmudeli tehnilisest joonisest [4].



Joonis 4. Projekteeritud šassii VW Crafter baasmudelile. 1 – toruprofiil esiseina all; 2 – kinnituskõrv kahe avaga (8tk); 3 – kinnituskõrv 1 avaga (8tk); 4 – ristitala (6tk); 5 – toruprofiil külgliseina all (2tk); 6 – piki tala (2tk); 7 – tagatule kandur (2tk); 8 – toruprofiil tagaseina all.

Baasmudeli joonisest (lisa A) lähtuvalt on võimalik alusraam (joonis 2) kinnitada 24 poltliite abil. Kabiini poolsed kinnitusavad on paaris, mistõttu oli tarvis šassii külge keevitada erinevad kinnituskõrvad (joonis 4, detail 2 ja 3).

Alusraami projekteerimisel tuli arvestada poldiavade tsentrite vahesid ning kinnituskronsteinide asukohta, millest sõltus kabiini ja furgooni vaheline kaugus. Toruprofiil

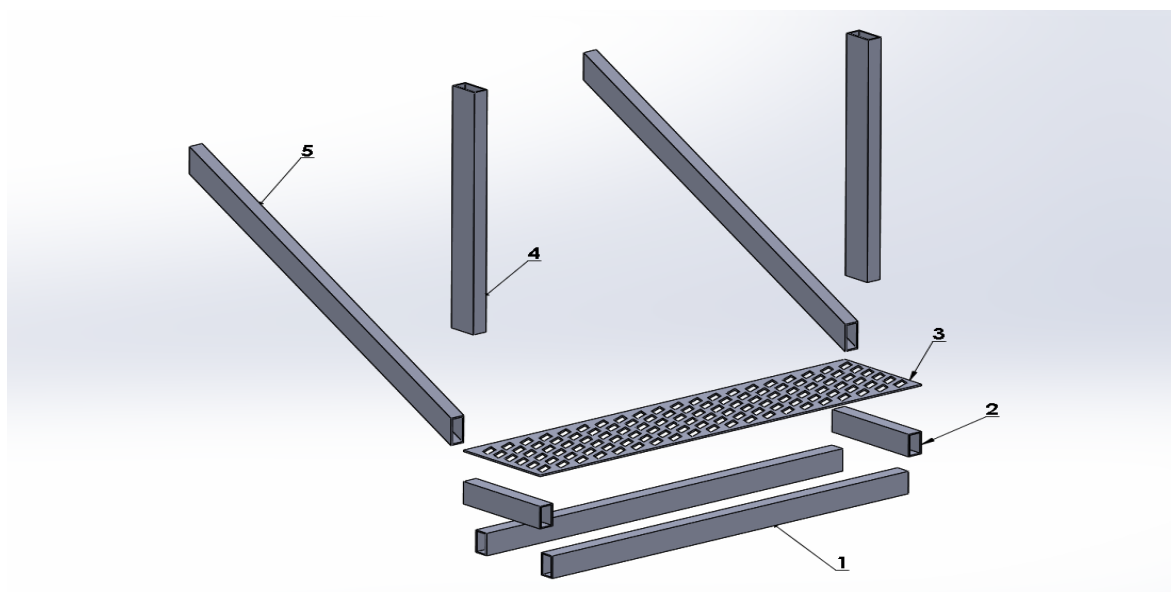
tagaseina all (joonis 4, detail 8) on projekteeritud sisselõigetega kuna see hõlbustab elektrijuhtmetiku montaaži ehitusprotsessi käigus.

Šassii kõik terastorud on margiga S355J2H, mille mõõtmed on 60x40 ning seinapaksustega 3 mm või 4 mm. Antud margi kasuks otsustati kuna see on enamlevinud teraskonstruksioonielementide korral. Terasraam peab olema vastupidav, mistõttu on selle keevisõmbluste kvaliteet oluline – keevistööd teostada keevitustehnoloogia kaarti abil, mille on koostanud sertifitseeritud keevituskoordinaator.

Furgooni põhja all olev šassii on üsna lähedal maapinnale ning kokkupuutes väliskeskkonnaga, mistõttu on ta avatud mehaanilistele vigastustele - sellest lähtuvalt valiti terasraami kaitsepindeks kuumtsink metallpinne.

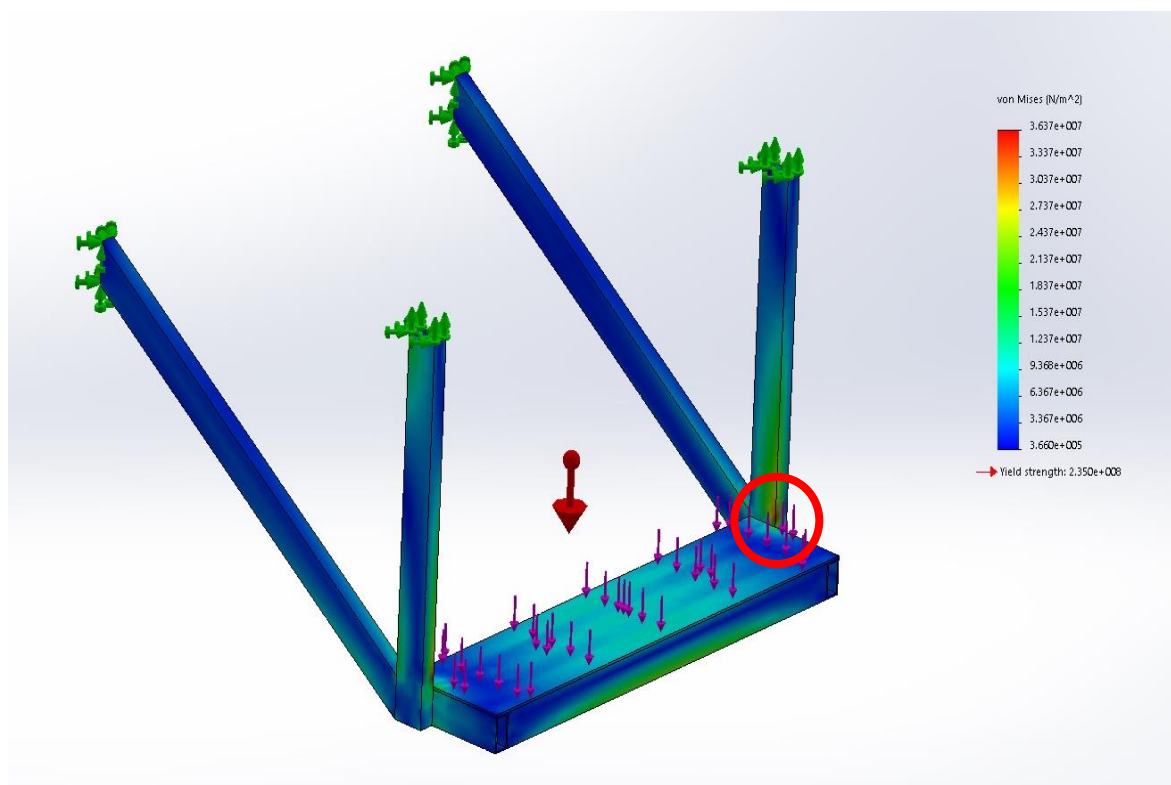
2.4. Astmelavade valmistamine

Astmelava, mille valmistamise järjekord ei ole oluline, tehnilised joonised on kättesaadavad lisas E. Valmistatud detail peab olema vastupidav kuna talle mõjuvad dünaamilised jõud. Nurga all olevad toruprofiilid (joonis 5, detail 5) omavad toefunktsiooni, et vältida varraste (joonis 5, detail 4) paindumist.



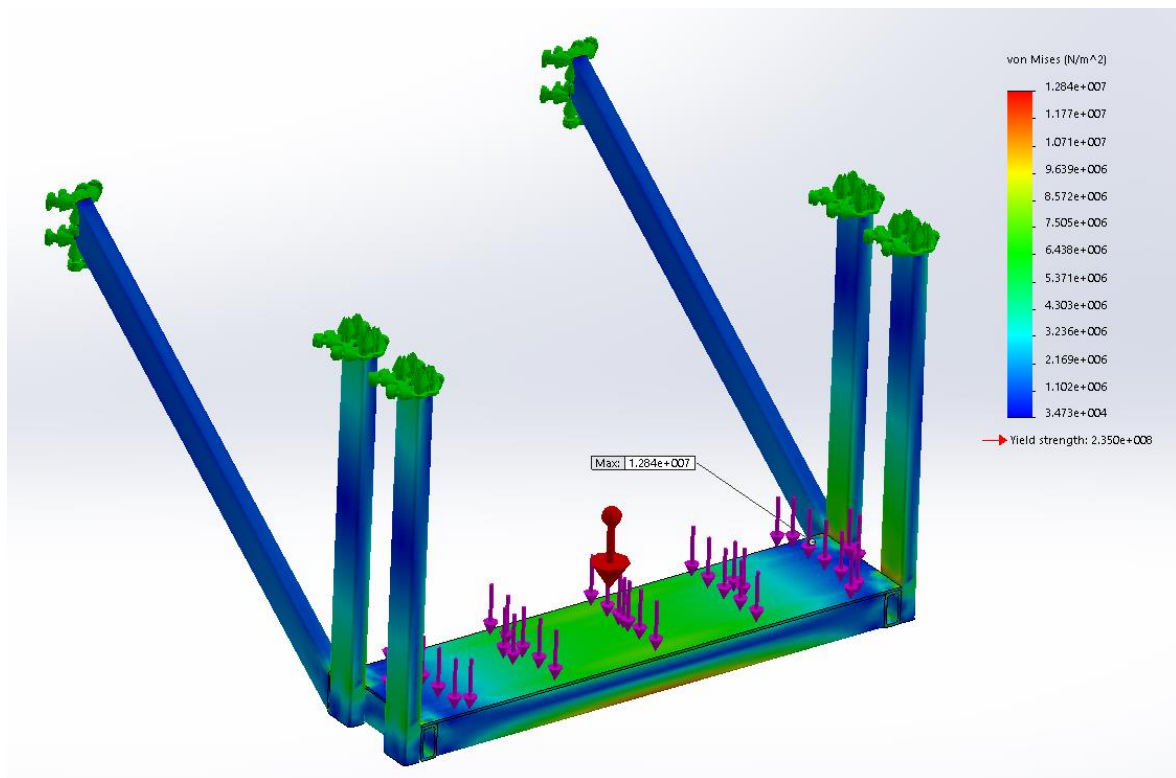
Joonis 5. Astmelava illustratiivne montaažijoonis. 1 – pikem astmelava toruprofiil (2tk); 2 – lühem astmelava toruprofiil (2tk); 3 – terasvõrk; 4 – toruprofiilist varras (2tk); 5 – toruprofiilist tugi (2tk).

Vastupidavuse testimiseks analüüsiti antud koostu Solidworks keskkonnas.



*Joonis 6. Solidworks lõplike elementide tugevussimulatsioon esialgsele astmelavale.
Märkus - Punase ringiga märgitud alas esinevad suuremad pinged, kui lubatud.*

Esialgselt olid kõik astmelava nelikanttoru profiilid plaanitud seina paksusega 2 mm ning materjali margiks S235. Kuna astmelava on kinnitatud šassii külge keevisõmbluste abil, kasutati simulatsiooni läbiviimiseks jäika ühendust. Varuteguri arvestamiseks, korrutati raskema inimese kehakaal kahega ning seejärel raskusjõuga, et saada astmelavale mõjuv jõud – selleks tuli kokku 2000 N. Joonisel 6 on parempoolsel skaalal välja toodud maksimaalsed sisepinged, mis antud toruraamis mõjuvad. Lubatav maksimaalne pinge S235 materjali puhul on 235 MPa – esialgses toruraamis küündis suurim väärtus 367 MPa juurde, mis nõudis parema lahenduse kasutamist.

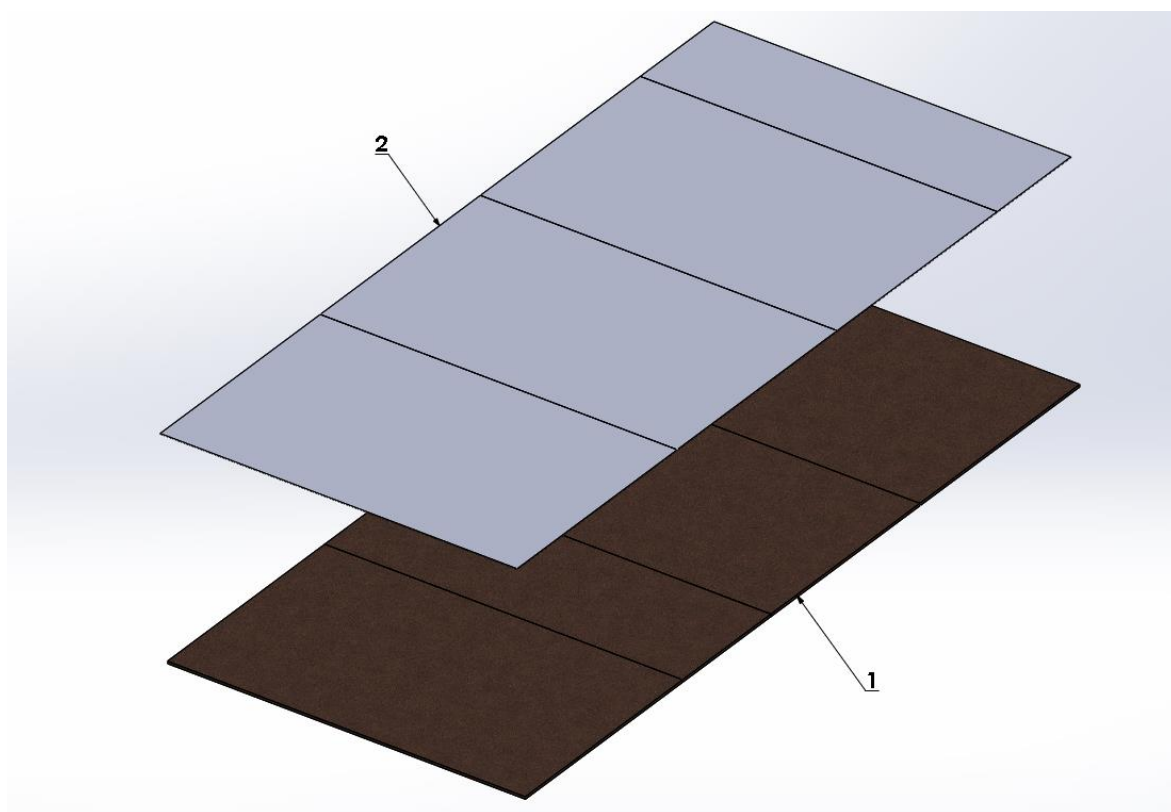


Joonis 7. Täiustatud astmelava tugevussimulatsioon Solidworks keskkonnas.

Joonisel 7 välja toodud pingete jagunemine koostu eri osades näitab, et suurim pinge 200 kg koormuse korral esineb nelikanttoru raadiusel. Mõõdetud suuruseks on 128 MPa, mis on rahuldab tugevustingimusi. Rakendades keskmise inimese kaalu 80 kg , oleks varutegur ligikaudu 4. Varuteguri suurendamiseks võiks astmelavade puhul kasutada S355J2H materjali, mille voolepiir on 365 MPa.

2.5. Põranda valmistamine

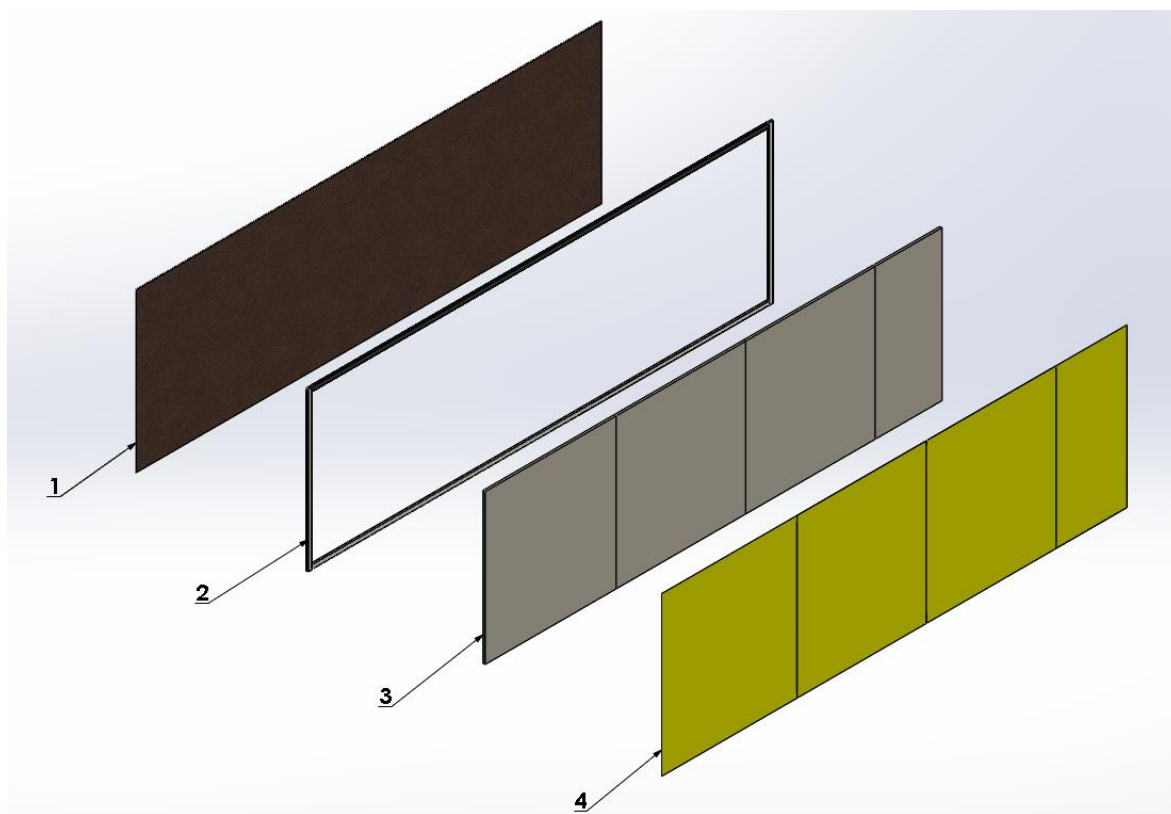
Põranda paigaldamise puhul on oluline jälgida, et vineeritahvlite (joonis 8, detail 1) ühenduskohad jääksid jaotises 2.3. välja toodud šassii toruraami ristitalade (joonis 4, detail 4) tsentritesse, et vältida läbipainumist ühenduskohtadel. Põrandatahvlite paigaldamiseks võetakse aluseks šassii tehniline joonis (TN 17/130271 D 01 K) ning lõigatakse vajalikud elemendid õigesse mõõtu. Ristitalad tehakse kokku silikooniga, et vältida vee sattumist ebasobivatesse kohtadesse. Lisatavad detailid kinnitatakse alusraami külge isepuuvivate kruvidega. Peale niiskuskindla vineeri (joonis 8, detail 1) kinnitamist asetatakse põrandapinnale järgmine kiht, milleks on rihveldatud alumiiniumplekk (joonis 8, detail 2) paksusega 3 mm. Põranda kaitsekihina valiti alumiiniumplekk selleks, et võrdses osakaalus oleks nii puhastatavus kui ka kulumiskindlus.



Joonis 8. Põranda illustratiivne montaažijoonis. 1 – vineerikiht 15mm; 2 – rihveldatud alumiiniumplekk 3mm.

2.6. Seinaelementide valmistamine

Seinaelementide valmistamine on furgooni ehitamise juures üks põhielemente. Need peavad olema niiskuskindlad ning vastu pidama rasketele oludele. Nende valmistamiseks vajalike mõõtmetega on vaja üsna suurt tööpinda ning spetsiifilist tehnikat ja kinnitusvahendeid.



Joonis 9. Seinaelementide illustreeriv montaažijoonis. 1 – vineer 6mm; 2 – toruraam; 3 – vahtpolüstüreen 21mm; 4 – terasplekk 1mm.

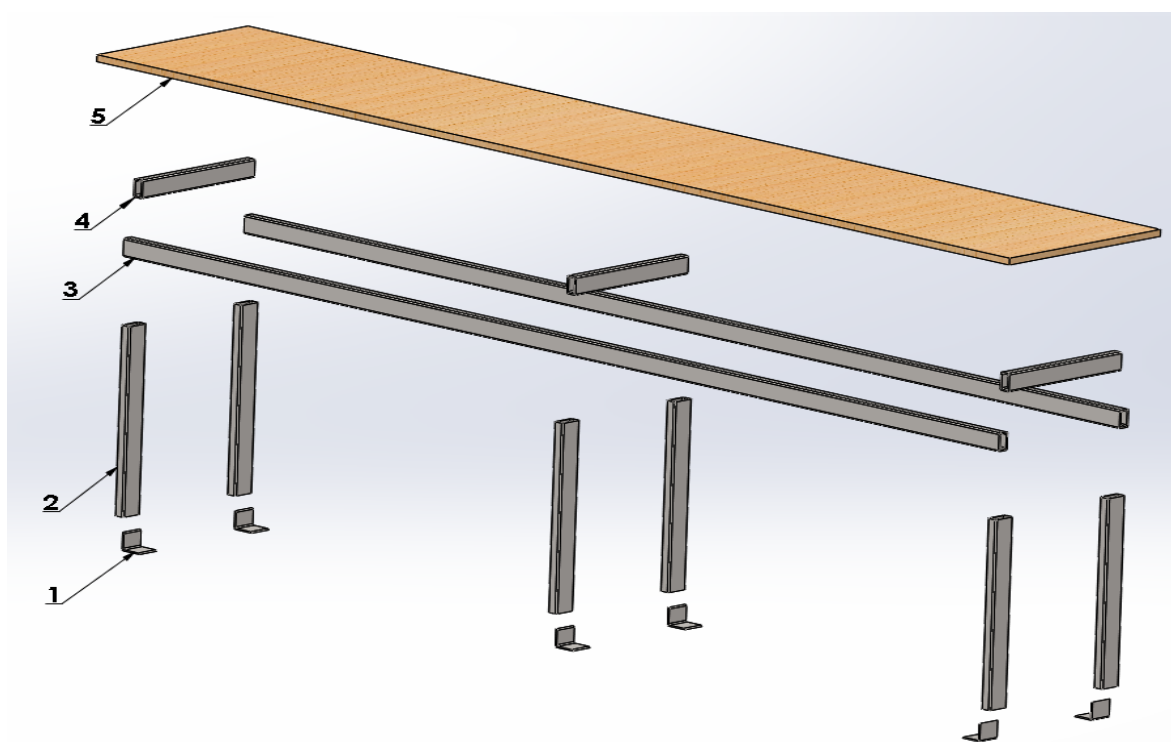
Seinaelementide valmistamine algab toruraami keevitamisest, mille gabariitmõõtmed peavad jääma sellisesse vahemikku nagu soovitakse furgooni mõõtmeid. Esimeses etapis keevitatakse kokku toruraam mööblitorust 20x40x2 S235JR (joonis 9, detail 2). Seejärel asetatakse liimimislauale gabariitmõõtmetest suurem vineeritahvel (joonis 9, detail 1). Vineeritahvel kaetakse spetsiaalse liimiga ning sellele tõstetakse peale eelnevalt keevitatud toruraam. Toruraami sisse asetatakse koheselt vahtpolüstrüeeni tahvlid (joonis 9, detail 3), millele kantakse uus liimikiht järgmise katte lisamiseks. Viimase kihina asetatakse peale terasplekist kaitsev osa (joonis 9, detail 4) ning kogu liimimislaud kaetakse õhukindla presendiga, mis on ühendatud voolikuga. Liimi kuivamiseks ning detailide sidumiseks

ühtseks tervikuks, tekitatakse kompressori abil liimimislaua ning presendi vahel vaakum ning lastakse sellel protsessil kesta vähemalt 8 tundi. Hiljem lõigatakse mööda toruraami üleliigne vineeri osa ära.

Peale seinaelementide valmimist on võimalik ketaslõikuriga sisse lõigata vajalikud avad ning ülejäägid kasutada uute elementide valmistamiseks. Antud furgooni puhul kasutatakse ülejääki uste valmistamiseks.

2.7. Istmepinkide valmistamine

Jaotises 1.1. välja toodud hanketingimustes ei ole viidatud istmepinkide ergonoomilisusele, mistõttu ei ole nende valmistamisel pööratud tähelepanu mugavusele. Joonisel 10 on kujutatud esi- ning tagaseina juures olevad istepingid, millest on tehtud montaažijoonis.

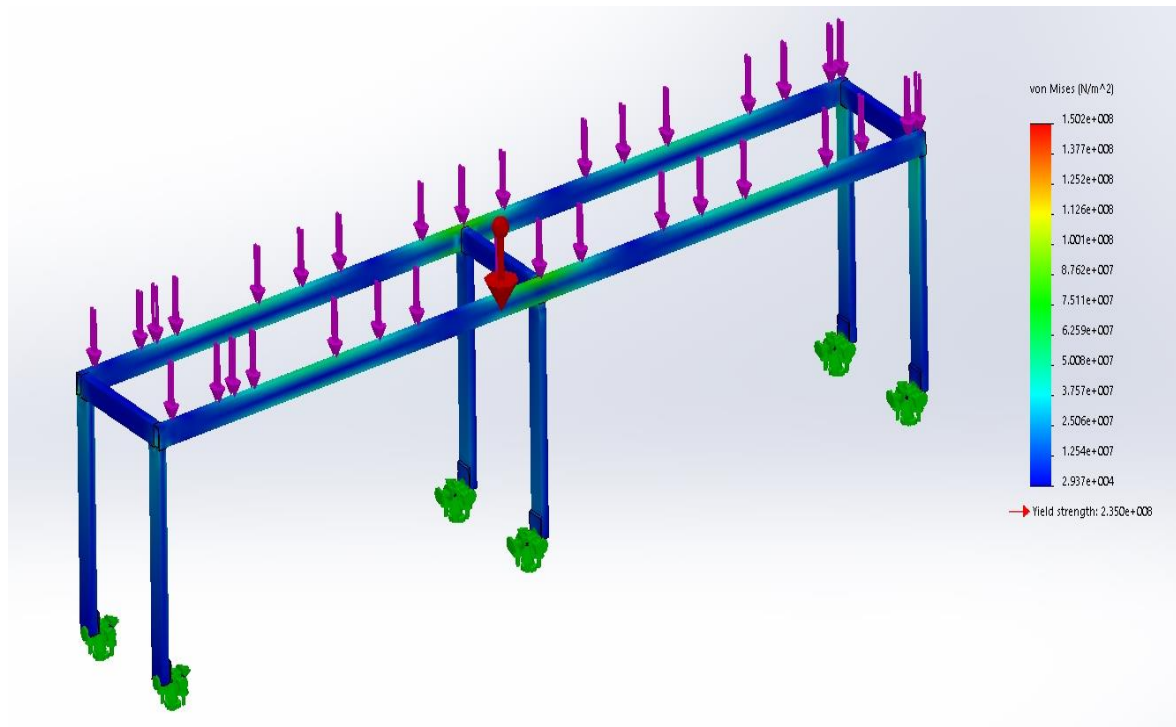


Joonis 10. Otsapingi illustratiivne montaažijoonis. 1 – kinnituskõrv (6tk); 2 – tugijalg toruprofilist (6tk); 3 – piki tala toruprofilist (2tk); 4 – ristitala toruprofilist (3tk); 5 – istmelava 15mm vineerist.

Kogu koost koosneb peamiselt nelikanttorudest (joonis 10, detailid 2, 3 ja 4), mis keevitatakse ühtseks tervikuks. Iga tugijala külge tuleb keevisõmblusega siduda terasest

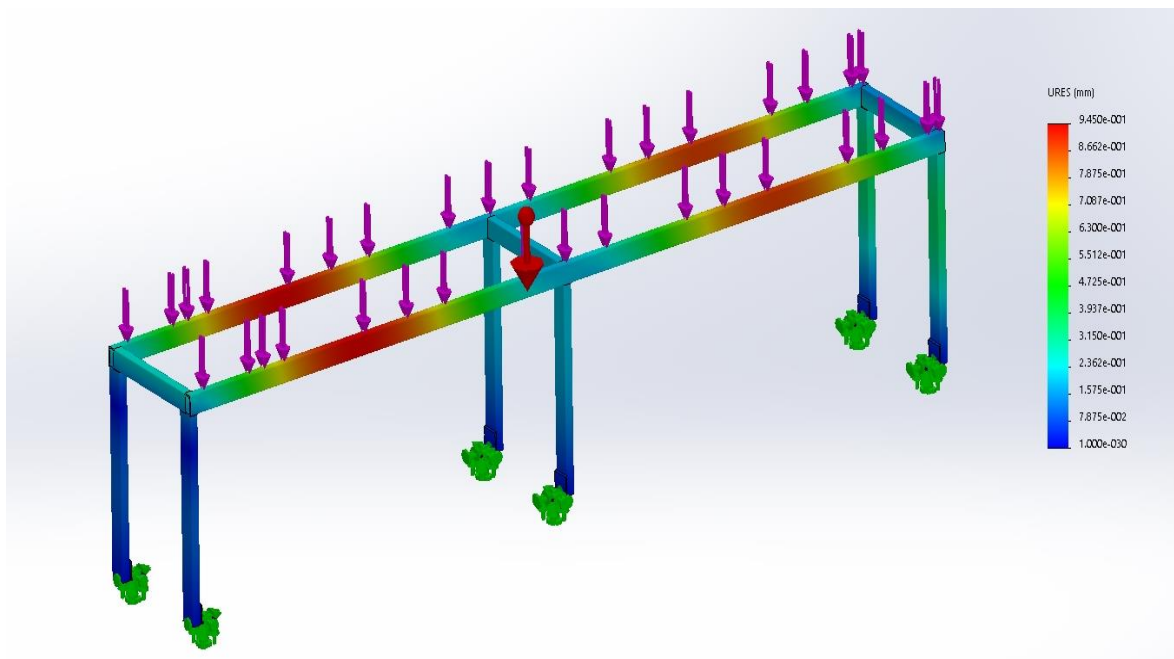
kinnituskõrv (joonis 10, detail 1), mis annab võimaluse istmepinke poltliidete abil põranda (joonis 8) külge ühendada. Otsapingi peale kinnitatakse 15 mm paksune vineer (joonis 10, detail 5) mis on piisavate mõõtmetega, et mahutada istuma 4 inimest.

Kuna otsapingid (joonis 1, detail 11) kannavad 4 inimese raskust oli tarvis teha tugevusarvutused, et vältida jalgade nõtkumist ning piki talade läbipainet.



Joonis 11. Istumisingi tugevussimulatsioon Solidworks keskkonnas toruraamis mõjuvate sisejõudude kohta.

Istmepingi tugevusanalüüsiks koormati kahte piki tala kokku 1000 kilokrammise raskusega, st jõuga 10 000 N. Pinge ise on fikseeritud 6 poltliite abil ning tugijalad toetuvad alumiiniumplekiga kaetud põrandale. Sellisest koormusjuhust tuli välja, et maksimaalne pinge, mis tekkis toruraamis, oli 150 MPa. See kinnitas, et valitud toruprofiilid 40x20x3 margiga S235JR on piisavad, et kanda nelja täiskasvanud meest. Saavutatud tulemuste kontrolliks tuli arvutada ka tala lubatav läbipaine ning kontrollida seda simulatsiooni abil.



Joonis 12. Istumispingi tugevussimulatsioon Solidworks keskkonnas toruraami läbipainete kohta.

Paljudel juhtudel kasutatakse tala läbipainde arvutamisel normaalse kasutamise põhimõtet, kus suurim lubatud läbipaine (z) antakse järgmise valemiga: [8, lk 179]

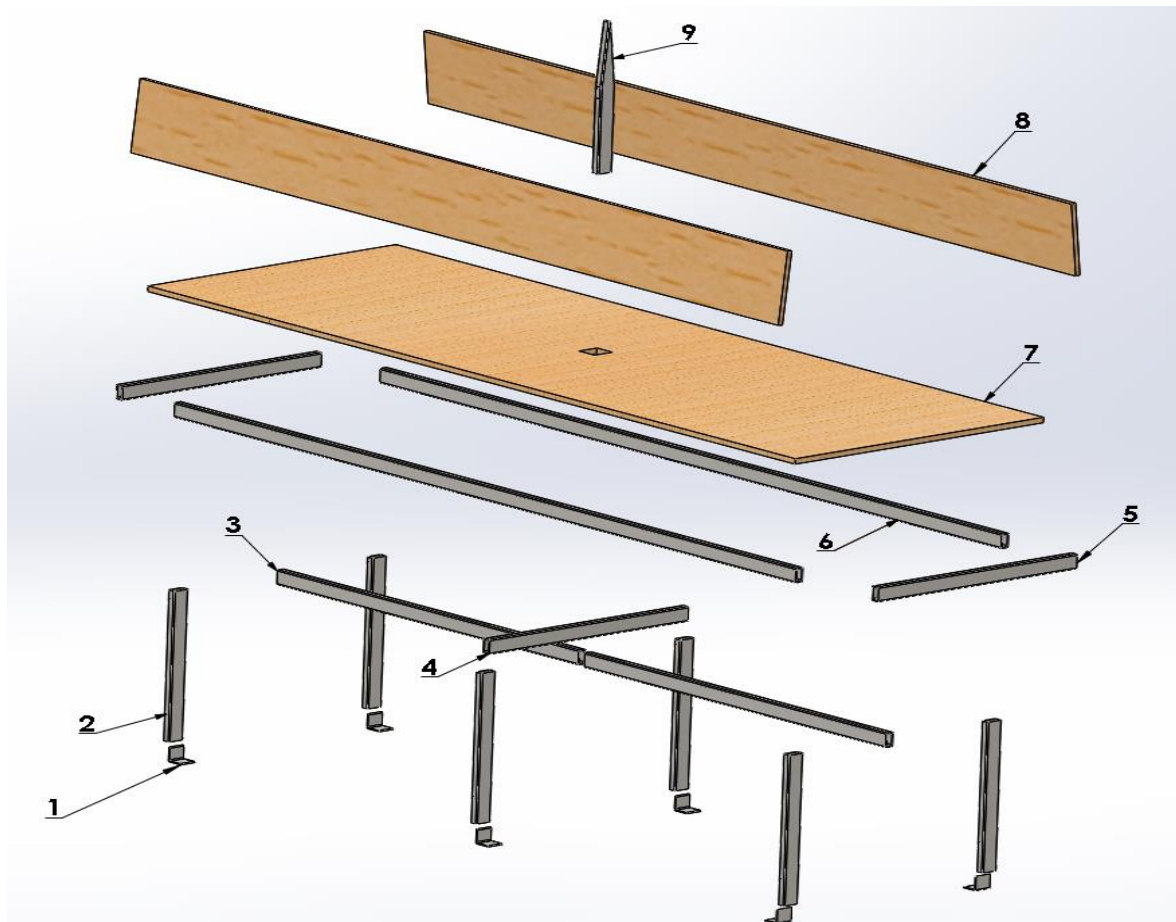
$$z = \left(\frac{1}{600} \dots \frac{1}{700} \right) l$$

Välja toodud valem on kasutusel kraanatalade lubatava läbipainde arvutamiseks, mis sobib ka istmepingi kandvate talade läbipainde arvutusteks.

Arvutamisel võeti aluseks kahe jala vaheline kaugus 970 mm. Sellisel juhul saadi lubatav läbipaine normaalse kasutamise reegli põhjal:

$$z = \frac{970 \text{ mm}}{600 \text{ mm}} \approx 1,6 \text{ mm}$$

Joonisel 12 on näha punasega märgitud alad – nendes alades on läbipaine kõige suurem. Parempoolselt graafikult on näha, et läbipaine nendes alades on maksimaalselt 0,95 mm.

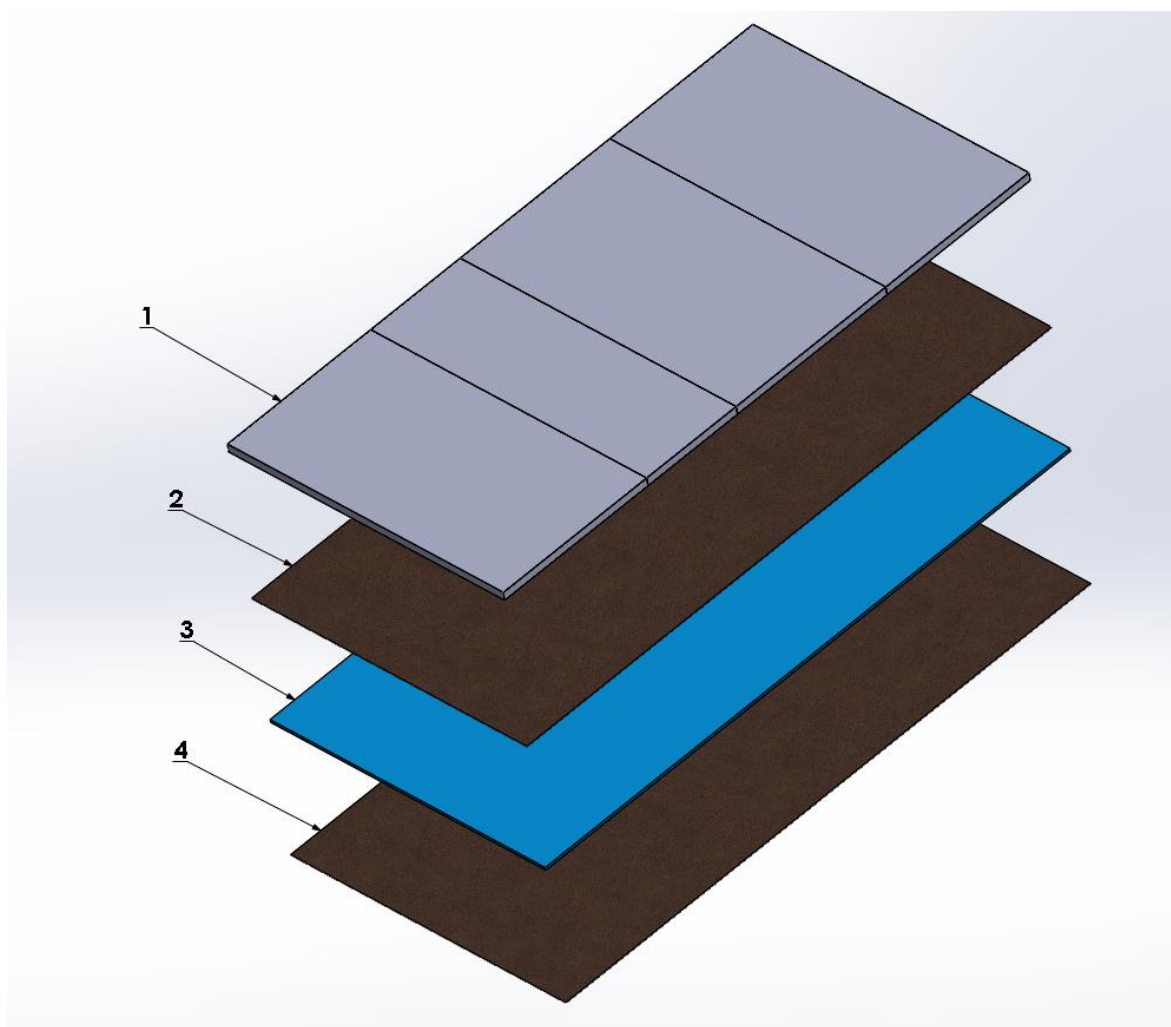


Joonis 13. Keskmise pingi illustratiivne montaažijoonis. 1 – kinnituskõrv (6tk); 2 – tugijalg toruprofilist (6tk); 3 – keskmine piki tala toruprofilist (2tk); 4 – keskmine ristitala toruprofilist; 5 – äärmine ristitala toruprofilist (2tk); 6 – äärmine piki tala toruprofilist (2tk); 7 – istmelava 15mm vineerist; 8 – seljatugi 15mm vineerist; 9 – toruprofilist seljatoe tugi.

Keskmised istepingid (joonis 1, detail 12) peavad mahutama istuma vähemalt 8 inimest ühe pingi kohta. Istmelava (joonis 13, detail 7) mõõtmed on tähtsad kuna vahekaikudesse peab jääma piisavalt ruumi liikumiseks. Erinevalt seina äärsetest pinkidest (joonis 1, detail 11) oli tähtis lahendada toruraam selliselt, et selle külge oleks võimalik kinnitada seljatugi (joonis 13, detail 8). Keskmise istepingi valmistamise järjekord ei ole oluline, tuleb jälgida vaid kinnituskõrvade (joonis 13, detail 1) asendit teiste torude suhtes, et pink hiljem furgooni mahuks. Kaheksa inimest istuma mahutava istepingi tehniline joonis on välja toodud lisas H.

2.8. Katus-lae valmistamine

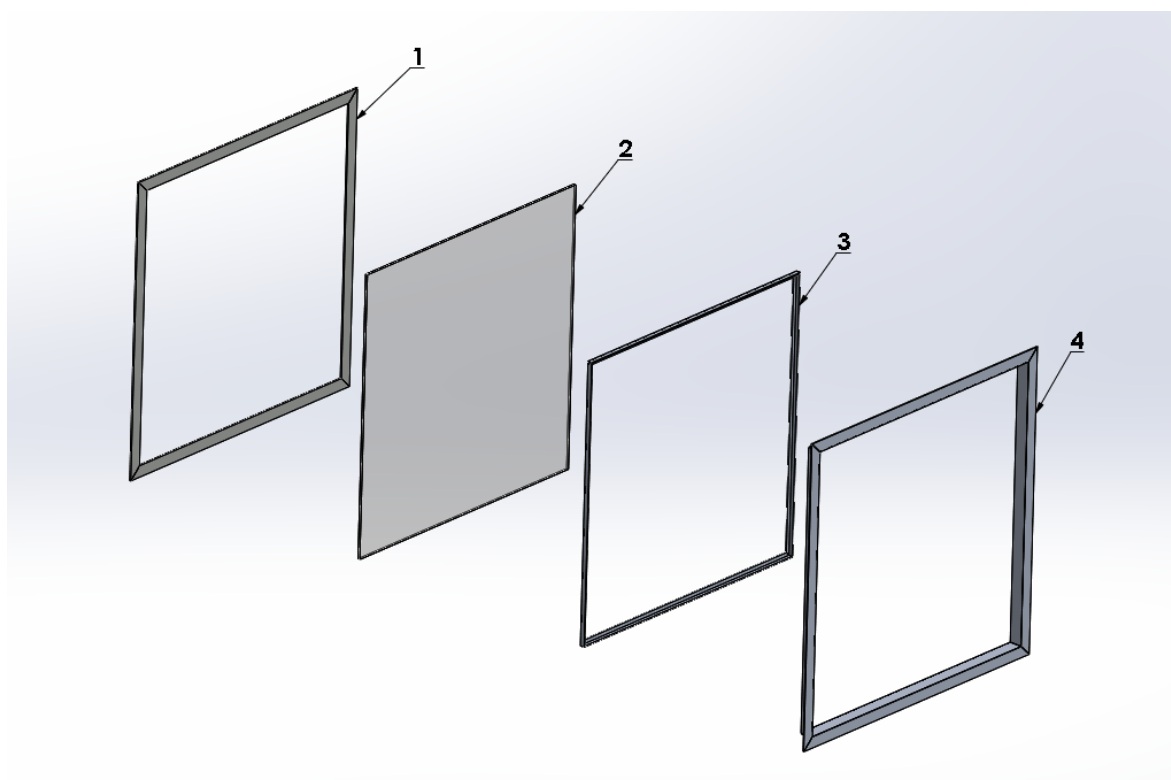
Joonisel 14 on välja toodud laepaneeli (joonis 1, detail 1) montaažijoonis, kus on näha kõik elemendi kihid. Valmistamise tehnoloogia on sarnane seinaelementide valmistamise omale, mis on kirjeldatud jaotises 2.6. Erinevuseks seinaelementide valmistamise puhul on lisa vineeri kiht (joonis 14, detail 2), mis kaitseb vahtpaneeli (joonis 14, detail 3) kihti keevitamisel tekkiva kuumuse eest. Liimilauas valmistatakse laeelement kolmest kihist (joonis 14, detail 2, 3 ja 4) ning hiljem lisatakse sellele peale painutatud alumiiniumplekk (joonis 14, detail 1), mille erinevad osad keevitatakse TIG keevitusprotsessi abil kokku.



Joonis 14. Katusepaneeli illustratiivne montaažijoonis. 1 – rihveldatud alumiiniumplekist väliskiht; 2 – vineerikiht 4mm; 3 – vahtpaneelikiht 21mm; vineerikiht 4mm.

2.9. Vasaku seina akende valmistamine

Hanketingimustes (jaotis 1.1) on välja toodud, et furgoon peab olema kolme aknaga, mis on mõõdus 600x600 mm. Avade valmistamiseks kasutatakse lõikeriista, mis võimaldab lõigata sirgelt läbi mitme erineva materjali. Asukohad projekteeriti võrdselt iga pingi (joonis 1, detail 11 ja 12) käiguvahesse, et nad oleksid vastakutti ustega (joonis 1, detail 8).

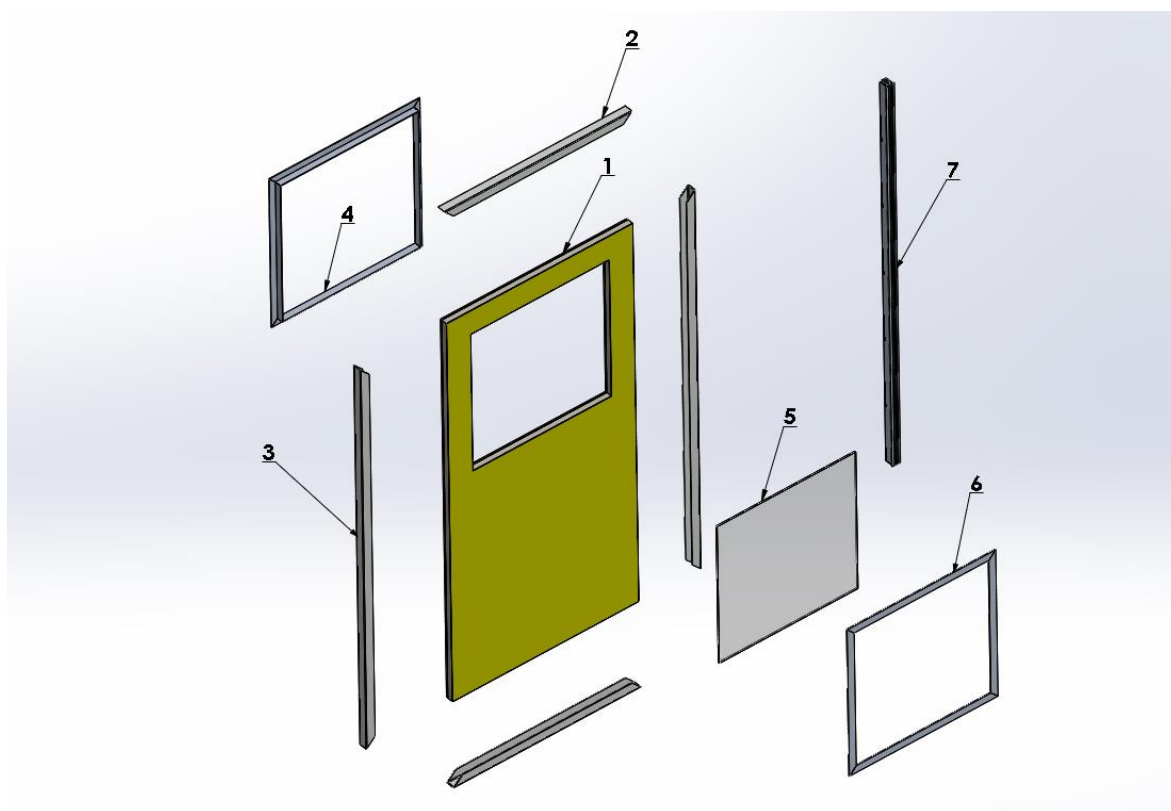


Joonis 15. Küljeakende illustratiivne montaažijoonis. 1 – teraslehest distantssliist; 2 – pleksiklaas; 3 – nurkraud; 4 – L-profiil.

Konstrueeritud aken (joonis 1, detail 2) koosneb kahest erinevast nurkprofiili raamist (joonis 15, detail 3 ja 4), pleksiklaasist (joonis 15, detail 2) ning furgooni välisküljele paigaldatud kuumtsink pindega teraslehest distantssliistudest (joonis 15, detail 1). Furgooni külge käivad elemendid (joonis 15, detail 1 ja 4) on kinnitatud neetliidetega ning tihendatud silikooniga, et vältida niiskuse levikut seinaelementide vahele. Küljeakna tehniline joonis on välja toodud lisas I.

2.10. Ukse valmistamine

Projekteeritaval furgoonil peab olema kolm ust. Tootmiskulude vähendamiseks sai seda valmistada olemasolevatest materjalidest. Selleks lõigati paremasse seina vajaliku suurusega avad ning jääki sai kasutada ukseelementide valmistamiseks.

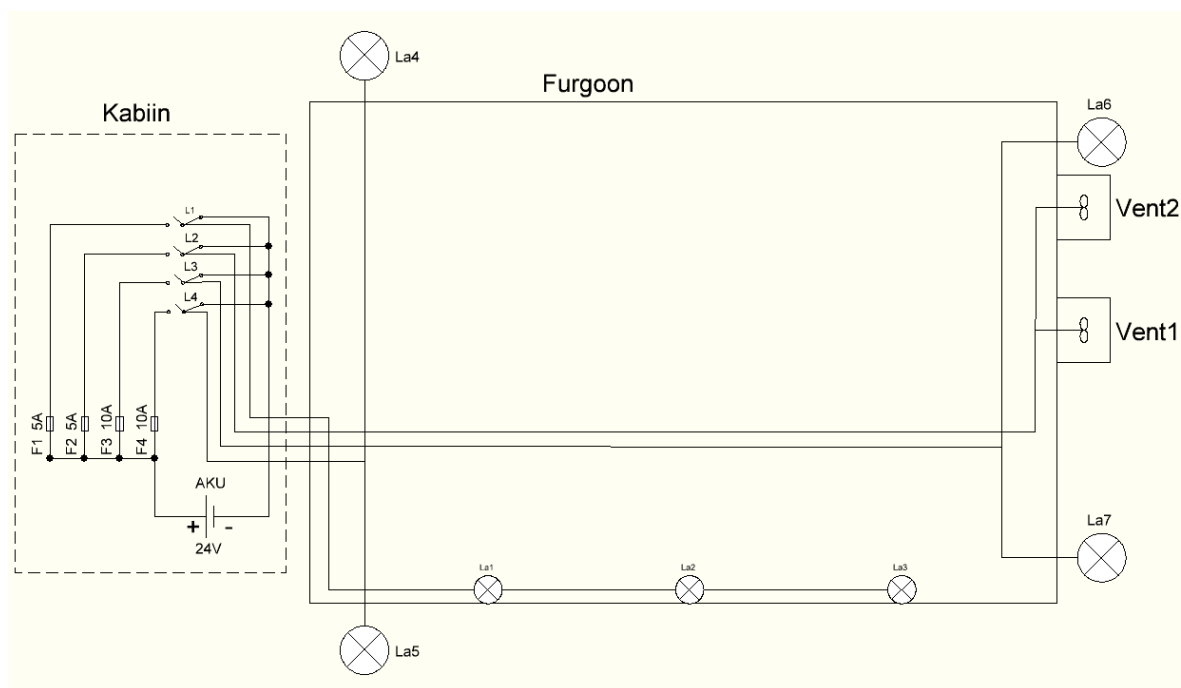


Joonis 16. Ukse illustreeriv montaažijoonis. 1 – seinaelemendist välja lõigatud paneel; 2 – terasest U profiil (2tk); 3 – terasest U profiil (2tk); 4 – nurgaprofiilidest aknaraam; 5 – pleksiklaas; 6 – tsingitud plekist kinnitusliistud; 7 – alumiiniumprofiilist latthing.

Ukse (joonis 1, detail 8) montaažijoonis on välja toodud joonisel 16 ning selle koostu ja detailide tehnilised joonised on lisas J. Pärast uksepaneeli väljalõikamist (joonis 16, detail 1) lõigatakse sellele aknaava ning vähendatakse gabariitmõõtmeid, et lisada tsingitud U-profiilid (joonis 16, detailid 2 ja 3) ning alumiiniumist latthing (joonis 16, detail 7). Kõik detailid tihendatakse silikooniga ning kinnitatakse neetliidete abil. Ukse aknadetailide (joonis 16, detailid 4, 5 ja 6) lisamine on sarnane jaotises 2.9. välja toodud etappidele.

2.11. Valgustuse ja ventilatsiooni paigaldamine

Joonisel 17 on välja toodud elektriskeem, millelt on võimalik välja lugeda kasutatavad elektrikomponendid ning nende asukohad.



Joonis 17. Furgooni elektriskeem

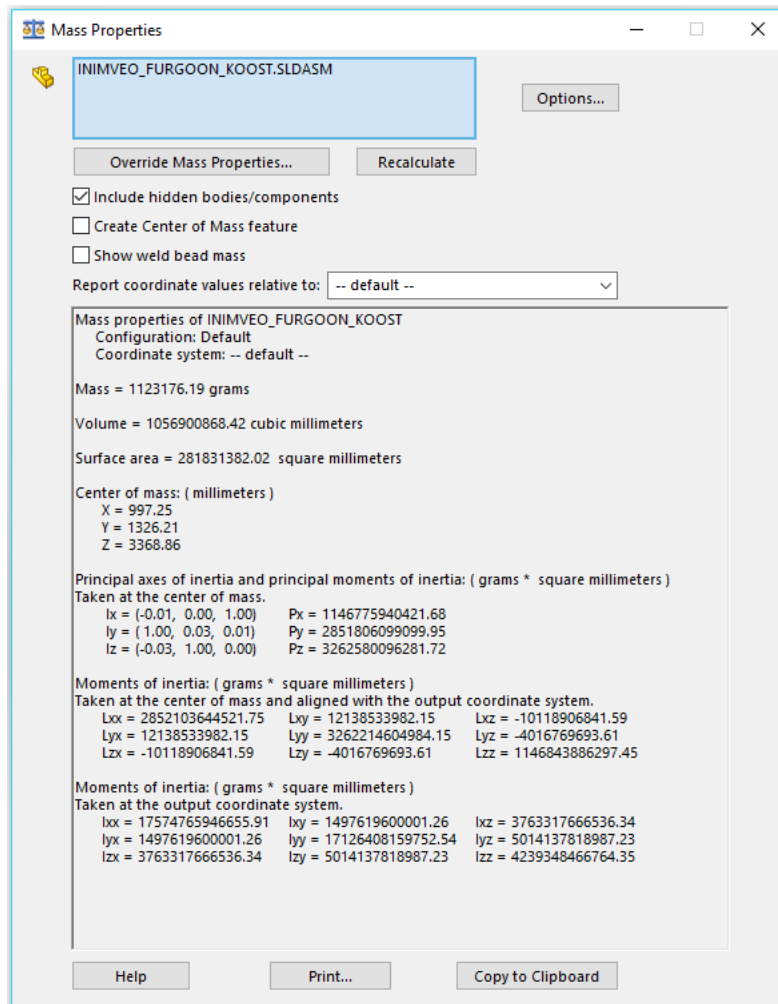
Toitepinge saadakse juhi istme all olevalt 24 V akult. Elektriskeemi on ühendatud neli kaitset (joonis 17, komponendid F1 – F4), neli lülitit (joonis 17, komponendid L1 – L4), seitse valgustit (joonis 17, komponendid La1 – La7) ning kaks ventilaatorit (joonis 17, komponendid Vent1 ja Vent2). Lülit number 1 annab võimaluse sisse-välja lülitada kolme furgooni sisest LED (*Light Emitting Diode*) lampi, mis on võimsusega 15 W ning annavad igaüks valgust 960 Lm. Töötuled 4 ja 5 on kasutatavad lülitiga number 4 ning kumbki neist annab valgust 800 Lm. Tagumised töötuled 6 ja 7 on kõige eredamad (1700 Lm lambi kohta) ning on lülitatavad lülitiga number 3. Ventilaatorid on käideldavad lülitiga number 2.

2.12. Lõppviimistlemine

Furgooni komplekteerimise järgselt on tarvis anda sellele lõppviimistlus. Viimase etapina kaetakse kõik ühenduskohad musta silikooniga ning furgooni sisemuses kaetakse kõik nurgad anodeeritud alumiiniumprofiiliga. Must silikoon ning alumiiniumist nurkprofiilid annavad furgooni visuaalsele poolele huvitava nüansi ning lisaks täidavad need ka niiskustõkke eesmärgi. Kuigi valitud materjalid on niiskuskindlad, siis eriti efektiivselt toimivad valmistatud sõlmed olukorras, kus niiskusel pole ligipääsu. Kõik anodeeritud profiilid kinnitatakse furgooni sisemusse silikooni ning neetliidete abil. Furgooni pesemiseks porist süvistatakse põrandasse kaks ava ning kinnitatakse äravoolutorud silikooni abil.

3. TULEMUSED JA ARUTELU

Joonisel 18 on välja toodud valmis CAD mudeli massi analüüs, kus selgub, et furgooni kogumass on ligikaudu 1123kg.



Joonis 18. Solidworks keskkonnas valmis koostu massi analüüs.

Lõputöö jaotises 1 on välja toodud eesmärgiks konstrueerida furgoon sääraselt, et koos 24 reisijaga ei ületaks veose mass VW Crafteri kandevõimet, milleks on viis tonni. Kontrolliks teostati järgnev arvutus:

$$\sum m < 5000\text{kg}$$

$$\sum m = m_{\text{furgoon}} + m_{\text{inimesed}}$$

$$\sum m = 1123kg + 24 * 80kg = 3043kg$$

Saadud tulemus kinnitab eesmärgi täitmist.

Projekteerimisel oli tähtis valida furgooni soojustuseks piisava paksuse ning termodünaamiliste omadustega soojustusmaterjal, et 24 furgoonis viibivat inimest hoiaksid oma kehasoojuse toimetel furgoonis toatemperatuuri. Joonisel 2, jaotises 2.2. on välja toodud graafik, kus on näha sisetemperatuuri muutus ajas vastavalt väliskeskkonna temperatuurile. Soojustehniliste arvutuste lähtekood on välja toodud lisas B ning nende tulemuste põhjal koostatud graafik kinnitab, et 21 mm paksune polüstrüeenist vahtpaneel on sobiv furgooni soojustamiseks.

Projekteeritud furgoon jäi kenasti oma mõõtmetelt jaotises 1.1. nõutud gabariitmõõtmetesse ning selle sisse mahutati 6 istmelava, mis mahutavad kokku istuma vähemalt 24 inimest. Kõik nõutud aspektid said ilusti hõlmatud ning lahendatud sobivalt.

Jaotises 2.4. selgus, et esialgne projekteeritud astmelava furgooni sisenemiseks ei rahuldanud koormustingimusi, ületades materjali voolepiiri 235 MPa rohkem kui 100 MPa võrra. Selleks tuli leida alternatiiv, mis on kajastatud joonisel 7. Jaotises 2.7. joonistel 11 ja 12 selgelt näha, et projekteeritud istepingid on vastupidavad ning rahuldavad koormustingimusi.

3.1. Turvalisuse parendamisettepanekud

Autori ettepanekud turvalisuse parandamiseks:

- 1) Turvalisuse parandamiseks võiks hoolimata kiirusepiirangust 20km/h antud sõidukil võiks furgooni istumispinkidel olla juures turvavööd, et vältida avarii korral inimeste paiskumist ühest ruumi punktist teise.
- 2) Furgoon peaks olema varisemiskindel. Jaotises 3. välja toodud kogu massi arvutustest selgub, et veomasina lubatud 5t kandevõime piiri ületamiseks on võimalik lisada furgooni kaalule ligi 2t. See annaks võimaluse furgooni seinaelemente täiustada terasraamiga, mis võiks muuta furgooni varisemiskindlaks.
- 3) Furgoon on varustatud 2 tulekustutiga, mis võimaldavad kustutada lahtist tuld. Kahjuks ei ole valmistatud furgooni lisatud hapnikuballoone, mis võiksid varingute korral kasuks tulla.

KOKKUVÕTE

Antud töö eesmärgiks oli projekteerida korrosioonikindel furgoon, mis oleks vastupidav maa-alustes kaevandusvõrgustikes. Selleks loodi tegevuskava mille järgi hakati furgooni projekteerima. Järgnevas loetelus tuuakse välja tegevuskava punktid numbrilises järjekorras ning antakse hinnang tehtud tööle:

- 1) Hanketingimustega tutvumine – selles etapis pandi alus edaspidisele tööle. Võeti arvesse tulevased nõutud kabariitmõõtmed, avade ja muude tähtsate elementide asukohad ning loodi selle põhjal üldkuvand tulevasesst furgoonist.
- 2) Seadusandlusega tutvumine – konkreetne tegevuskava punkt oli tähtis, et töövahend oleks korrektselt ehitatud ega ohustaks seda kasutavaid inimesi.
- 3) Sobiva tarkvara valimine –hanketingimustele ning varasematele kogemustele tuginedes valiti probleemsete kohtade lahendamiseks arvutustel kaks tarkvara, milleks olid Solidworks ja Scilab. Solidworks andis võimaluse luua CAD mudeli ning ennetada probleemseid ehitussõlmesid.
- 4) Kirjandusallikate analüüsimine – selle etapi eesmärgiks oli valida sobivad materjalid ning nende pinded. Terasdetailide peamiseks kaitsevahendiks elektrokeemilise korrosiooni vastu sai kuumtsink metallpinne.
- 5) Soojustehnilised arvutused - Scilab tarkvara abil loodi soojustehniliste arvutuste jaoks programmilõik ning saadud arvutustulemused kanti elektrilisse aseskeemi. Aseskeemi abil loodi graafik, mis kirjeldas furgooni soojuspüsivust maa-alustes kaevandusvõrgustikes. Selgus, et 24 inimest suudavad oma kehasoojusega furgoonis hoida stabiilselt 18 °C.
- 6) Tugevuslikud arvutused – Solidworks keskkonnas loodi koormusolukord nii istumispinkidele kui ka astmelavale. Selgus, et istumispingid olid esimese katsega sobilikud. Probleeme tekkis aga astmelavaga, kus esialgse toruraami puhul ületati lubatud sisepinge materjalis rohkem kui 100 MPa võrra.
- 7) Furgooni projekteerimine – CAD tarkvara abil loodi furgoonist 3D mudel, mille abil saadi luua tehnilised joonised edaspidiseks tööks.

Kogu töö ülesanded said täidetud ning vastasid nõuetele. Valminud töö annab konkreetsed juhised transportfurgooni korduvvalmistamiseks.

KASUTATUD KIRJANUDS

- 1) **Talimets, E.** (2004). Metallide korrosioon ja korrosioonitõrje. Tallinn: TTÜ Kirjastus. 60 lk.
- 2) **Kulu, P., Hendre, E.** (2015). Mehaanikainseneri käsiraamat. Tallinn: TTÜ Kirjastus. 492 lk.
- 3) **Tenisberg, V.** (1979). Küte ja ventilatsioon. Tallinn: Valgus. 360 lk.
- 4) Volkswagen Crafter C50. (2017) https://www.bb-database.com/documents/137801/2159672/crafter_offen_c50_einzelkabine.pdf/f8388bba-3d4a-47fe-b506-2555fc1ae231 (26.03.2017)
- 5) **Kull, A., Mikk, I., Ots, A.** (1966). Soojustehnika. Tallinn: Valgus. 494 lk.
- 6) Töövahendi kasutamise töötervishoiu ja tööohutuse nõuded. (vastu võetud 11.01.2000). – *Riigi Teataja* <https://www.riigiteataja.ee/akt/692896> (23.05.2017).
- 7) Töötervishoiu ja tööohutuse seadus. (vastu võetud 16.06.1996). – *Riigi Teataja* <https://www.riigiteataja.ee/akt/108072016039> (23.05.2017).
- 8) Stepin, P. (1970). Tugevusõpetus. Tallinn: Valgus. 376 lk.
- 9) Styrofoam. (2017). <http://www.isover.ee/tooted/styrofoam-250-sl-n> (23.05.2017).

SUMMARY

The purpose of this bachelor's thesis was to design a corrosion resistant vehicle wagon which would be suitable for underground mining networks. In order to fulfill the terms of the contract a list of goals were developed.

- 1) Examination of technical requirements specified in the tender documents – in this part the following plan how to achieve goals was developed.
- 2) Getting familiar with the applicable law on building a vehicle wagon – it was important to make a design which would not harm the users.
- 3) Selecting a suitable software – in order to create a full project about building a transportation wagon there were two softwares used: Solidworks and Scilab. Solidworks is a CAD software which allowed to create a 3D model of the wagon.
- 4) Used literature – in order to select good materials and protective coatings it was necessary to do some research about it. Most steel structures were coated with Zinc.
- 5) Thermal calculations – in order to calculate thermal conductivities and resistances a program was created in Scilab, the results of which were applied to electrical scheme. Electrical scheme gave an opportunity to monitor temperature changes in the wagon depending on the outside temperature.
- 6) Structures strength analysis - computer simulations in Solidworks were created to test the strength of the assembly parts in order to assure safety of the users. It was noticed that sitting benches were designed properly but the stairs which were to help users into the wagon needed modifications.
- 7) Designing the wagon – CAD software was used to design a 3D model which helped to create technical drawings of the parts.

All terms of the contract specified in the tender documents were achieved. Completed wagon Project gives very specific instructions on how to design and build vehicle wagon for underground mining networks in order to transport 24 people.

LISAD

LISA A – VW CRAFTER BAASI TOOTJA JOONIS

LISA B – SOOJUSTEHNILISTE ARVUTUSTE LÄHTEKOOD

```

0001 korgus=1.47; //Furgooni kõrgus (m)
0002 laius=2.1; //Furgooni laius (m)
0003 pikkus=4.3; //Furgooni pikkus (m)
0004
0005 alfasise=8; //soojusjuhtivustegur
0006 alfavalis=20; //soojusjuhtivustegur
0007 alfalagi=26; //soojusjuhtivustegur
0008 alfaporand=14; //soojusjuhtivustegur
0009 S=2*(korgus*laius)+2*(korgus*pikkus); //Furgooni seinapindala (m2)
0010 V=S*korgus; //Furgooni ruumala (m3)
0011 Slagi=laius*pikkus; //Laepindala (m2)
0012 Sporand=laius*pikkus; //Põrandapindala (m2)
0013 Saknad=3*0.6*0.6; //Akende pindala (m2)
0014
0015 deltavineer=0.006; //Vineerikihi paksus (m)
0016 deltavineerp=0.015; //põranda vineerikihi (m)
0017 deltapolu=0.02; //Vahukihi paksus (m)
0018 deltateras=0.001; //Teraslehe paksus (m)
0019 deltaalumin=0.003; //alumiiniumpleki paksus (m)
0020 deltaklaas=0.005; //klaasi paksus (m)
0021
0022 //Materjalide soojusjuhtivused (erisoojus)
0023 lambdavineer=0.15; //vineeri soojusjuhtivus (kJ/kg*K)
0024 lambdapolu=0.033; //XPS soojusjuhtivus (polüretaan) (kJ/kg*K)
0025 lambdateras=50; //terase soojusjuhtivus (kJ/kg*K)
0026 lambdaalumin=221; //alum. soojusjuhtivus (kJ/kg*K)
0027 lambdaklaas=0.67 // klaasi soojusjuhtivus (kJ/kg*K)
0028
0029 //Mahtuvused:
0030 //Mahtuvus on tihedus*ruumala*erisoojus (soojusjuhtivus):
0031
0032 //Põranda vineeri soojusmahtuvus:
0033 Cvinporandlagi=600*Sporand*deltavineerp*lambdavineer;
0034 //Põranda alumiiniumpleki soojusmahtuvus:
0035 Caluminporandlagi=2600*Sporand*deltaalumin*lambdaalumin;
0036 //Ruumi soojusmahtuvus:
0037 Cruum=1000*korgus*laius*pikkus;
0038 //Seinapinna vineeri soojusmahtuvus:
0039 Cvin=600*S*deltavineer*lambdavineer;
0040 //Katusepaneeli vineeri soojusmahtuvus:
0041 Cvinkatus=600*Slagi*deltavineer*lambdavineer;
0042 //Vahupaneeli mahtuvus seinakihi:
0043 Cpolu=30*S*deltapolu*lambdapolu;
0044 //Vahupaneeli mahtuvus laepaneelis:
0045 Cpolulagi=30*Slagi*deltapolu*lambdapolu;
0046 //Terasikihi mahtuvus seinapaneelides:
0047 Cteras=7850*S*deltateras*lambdateras;
0048 //Aknaklaaside soojusmahtuvus:
0049 Cklaas=2600*Saknad*deltaklaas*lambdaklaas;
0050 //24 Inimkeha soojusmahtuvus (80kg inimeste puhul):
0051 Cinim=60*4200*24;
0052
0053 //Seina soojustakistus
0054 R1=1/(alfasise*S); //Ruumi õhk siseseina ääres
0055 R2=(deltavineer/2)/(S*lambdavineer); //Pool vineeri kihti 0.003m
0056 R3=(deltavineer/2)/(S*lambdavineer); //Pool vineeri kihti 0.003m
0057 R4=(deltapolu/2)/(S*lambdapolu); //Pool vahu kihti 0.01m
0058 R5=(deltapolu/2)/(S*lambdapolu); //Pool vahu kihti 0.01m
0059 R6=(deltateras/2)/(S*lambdateras); //pool terase kihti 0.0005m
0060 R7=(deltateras/2)/(S*lambdateras); //pool terase kihti 0.0005m
0061 R8=1/(alfavalis*S); //Õhk väljas seina ääres
0062
0063 //Laepaneeli soojustakistus
0064 R9=1/(alfalagi*Slagi); //Ruumi õhk lae juures
0065 R10=(deltavineer/2)/(Slagi*lambdavineer); //Pool vineeri kihti 0.003m
0066 R11=(deltavineer/2)/(Slagi*lambdavineer); //Pool vineeri kihti 0.003m

```

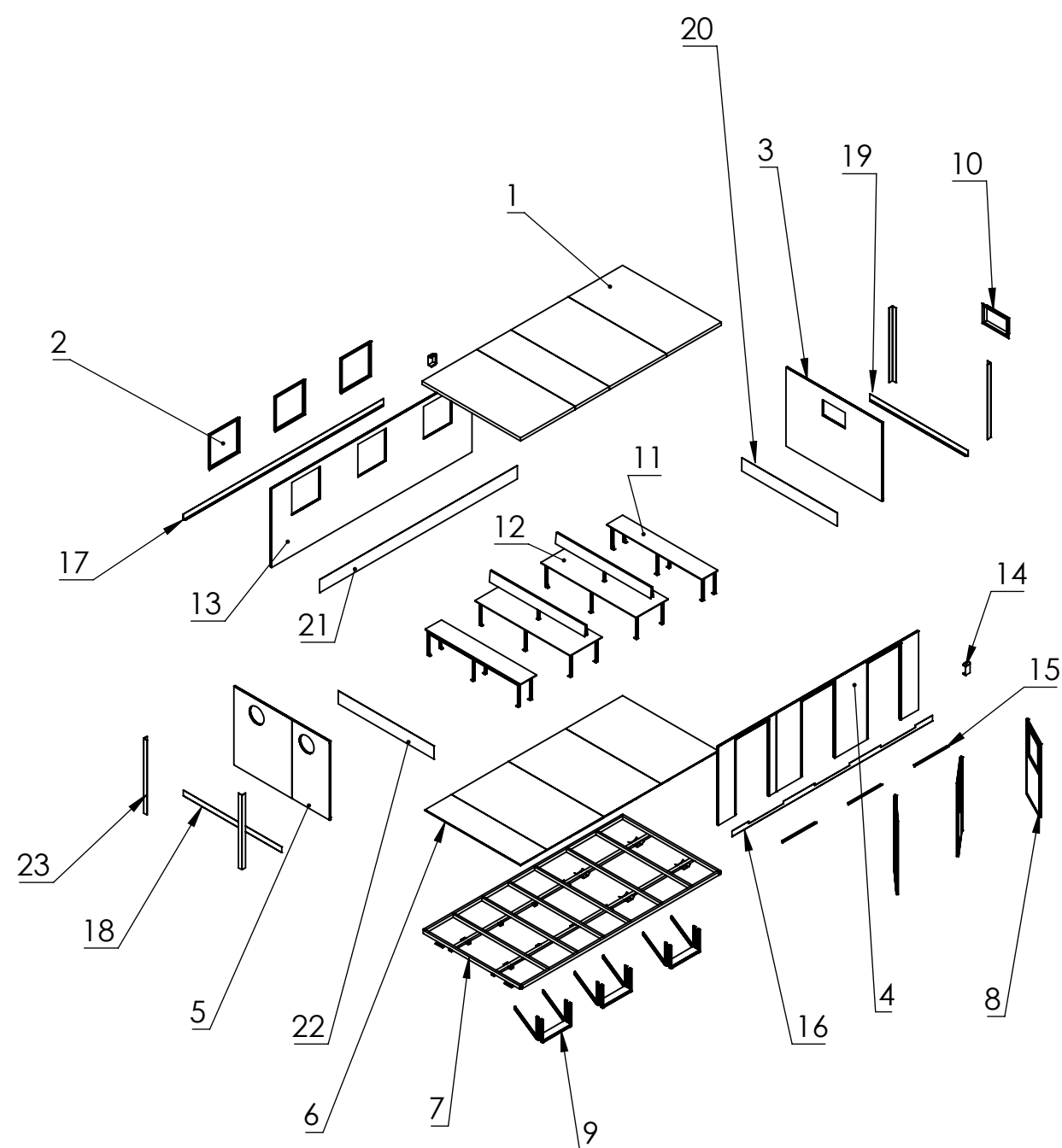


```

0067 R12=(deltapolu/2)/(Slagi*lambdapolu); //Pool vahu kihti 0.01m
0068 R13=(deltapolu/2)/(Slagi*lambdapolu); //Pool vahu kihti 0.01m
0069 R14=(deltaalumin/2)/(Slagi*lambdaalumin) //Pool alumiiniumi kihti 0.003m
0070 R15=(deltaalumin/2)/(Slagi*lambdaalumin) //Pool alumiiniumi kihti 0.003m
0071 R16=1/(alfavalis*Slagi); //Õhk väljas lae juures
0072
0073 //Akende soojustakistus
0074 R17=1/(alfalagi*Slagi); //Ruumi õhk akna ääres
0075 R18=(deltaklaas/2)/(Saknad*lambdaklaas); //Pool vineeri kihti 0.003m
0076 R19=(deltaklaas/2)/(Slagi*lambdaklaas); //Pool vineeri kihti 0.003m
0077 R20=1/(alfavalis*Slagi); //Õhk väljas akna ääres
0078
0079 //Põrandapaneeli soojustakistus
0080 R21=1/(alfaporand*Sporand); //Ruumi õhk põranda juures
0081 R22=(deltavineerp/2)/(Sporand*lambdavineer); //Pool vineeri kihti 0.003m
0082 R23=(deltavineerp/2)/(Sporand*lambdavineer); //Pool vineeri kihti 0.003m
0083 R24=(deltaalumin/2)/(Sporand*lambdaalumin) //Pool alumiiniumi kihti 0.003m
0084 R25=(deltaalumin/2)/(Sporand*lambdaalumin) //Pool alumiiniumi kihti 0.003m
0085 R26=1/(alfavalis*Slagi); //Õhk väljas põranda juures

```

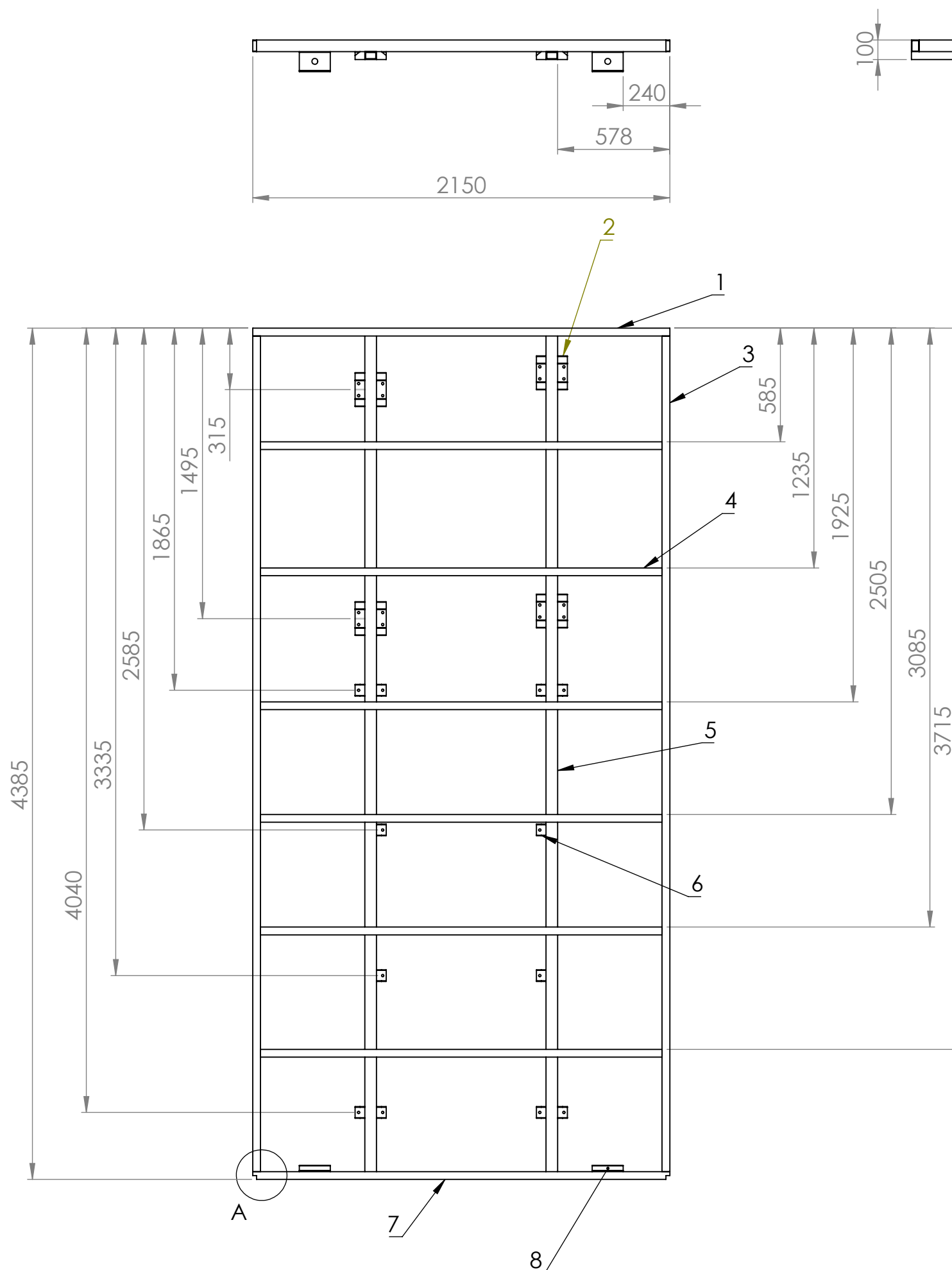
LISA C – PÕHIKOOSTU MONTAAŽIJOONIS



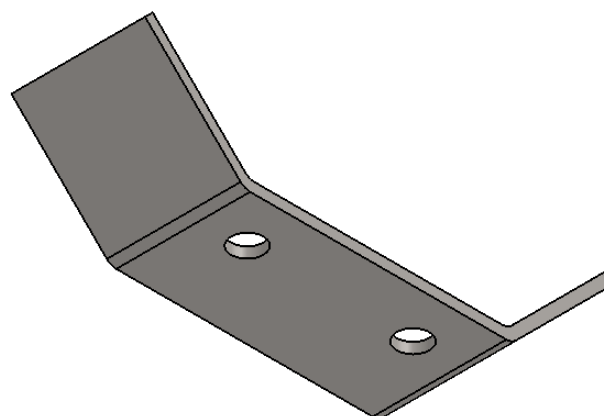
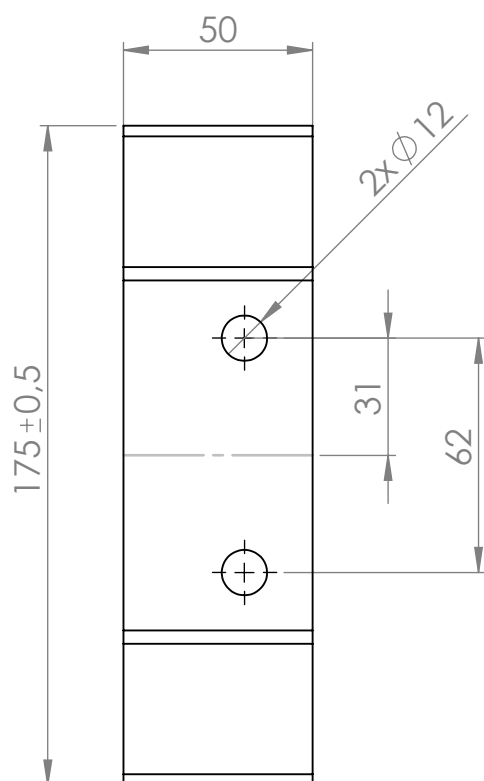
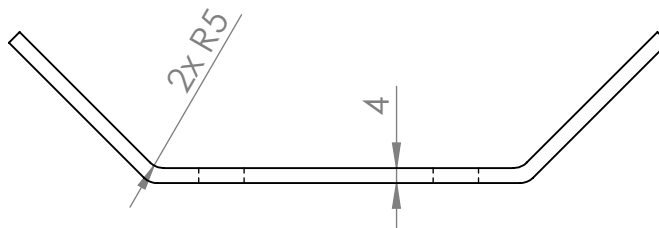
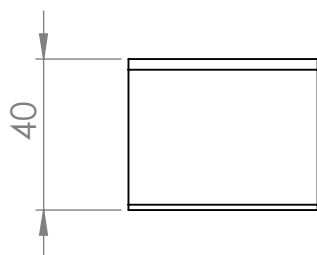
		Kaitseplekk parem sein		1	Detail 23
		Kaitseplekk tagasein		1	Detail 22
		Kaitseplekk vasak sein		1	Detail 21
		Kaitseplekk esisein		1	Detail 20
		Terasleht painutatud esi		1	Detail 19
		Terasleht painutatud tagu		1	Detail 18
		Terasleht painutatud vasak		1	Detail 17
		Terasleht painutatud parem		1	Detail 16
		Lävepakk		3	Detail 15
		Töötule kaitse		2	Detail 14
		Furgooni vasak sein	TN 17/130271 G 04 K	1	Detail 13
		Istepink suur	TN 17/130271 H 05 K	2	Detail 12
		Istepink väike		2	Detail 11
		Furgooni/Kabiini vaheaken		1	Detail 10
		Furgooni trepiaste	TN 17/130271 E 02 K	3	Detail 9
		Furgooni uks	TN 17/130271 J 07 K	3	Detail 8
		Furgooni šassii	TN 17/130271 D 01 K	1	Detail 7
		Furgooni põrand	TN 17/130271 F 03 K	1	Detail 6
		Furgooni tagasein		1	Detail 5
		Furgooni parem sein	TN 17/130271 G 04 K	1	Detail 4
		Furgooni esisein		1	Detail 3
		Furgooni aken	TN 17/130271 I 06 K	3	Detail 2
		Katus-lagi		1	Detail 1

Osa	Väli	Nimetus, materjal	Tähis	Hulk	Märkus
		Materjal:	Märkimata piirhälbed: ISO 2768	Mass:	Mõõt: 1:100
Teostas	M. Haug	Furgooni laotusjoonis			
Kontrollis	L. Käis				
Kinnitas					
		Leht: 1/1	Tähis: TN 17/130271 C 00 00 K		

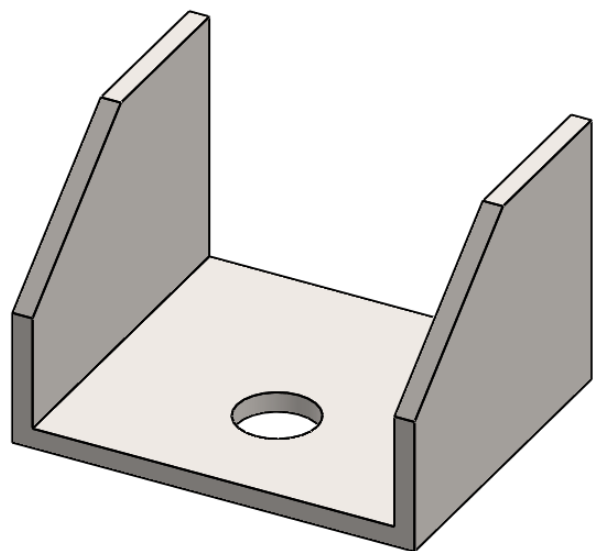
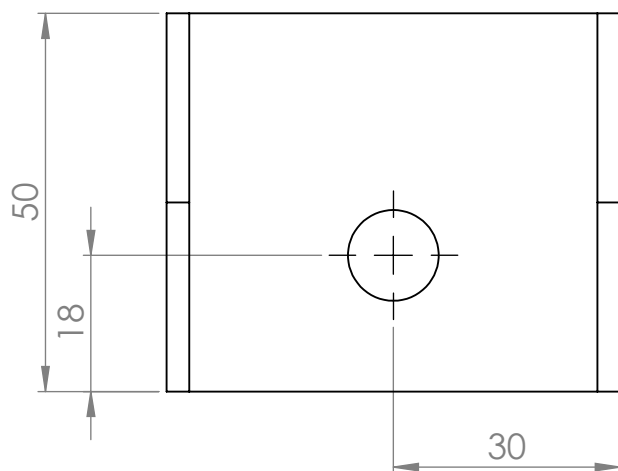
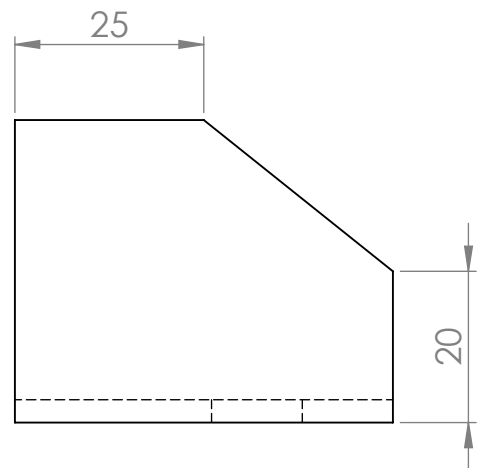
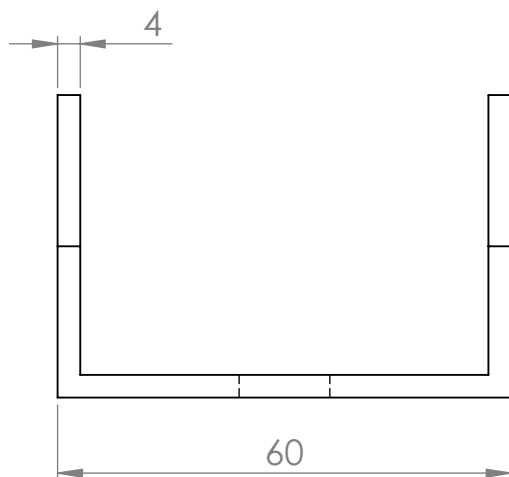
LISA D – ŠASSII JOONISED



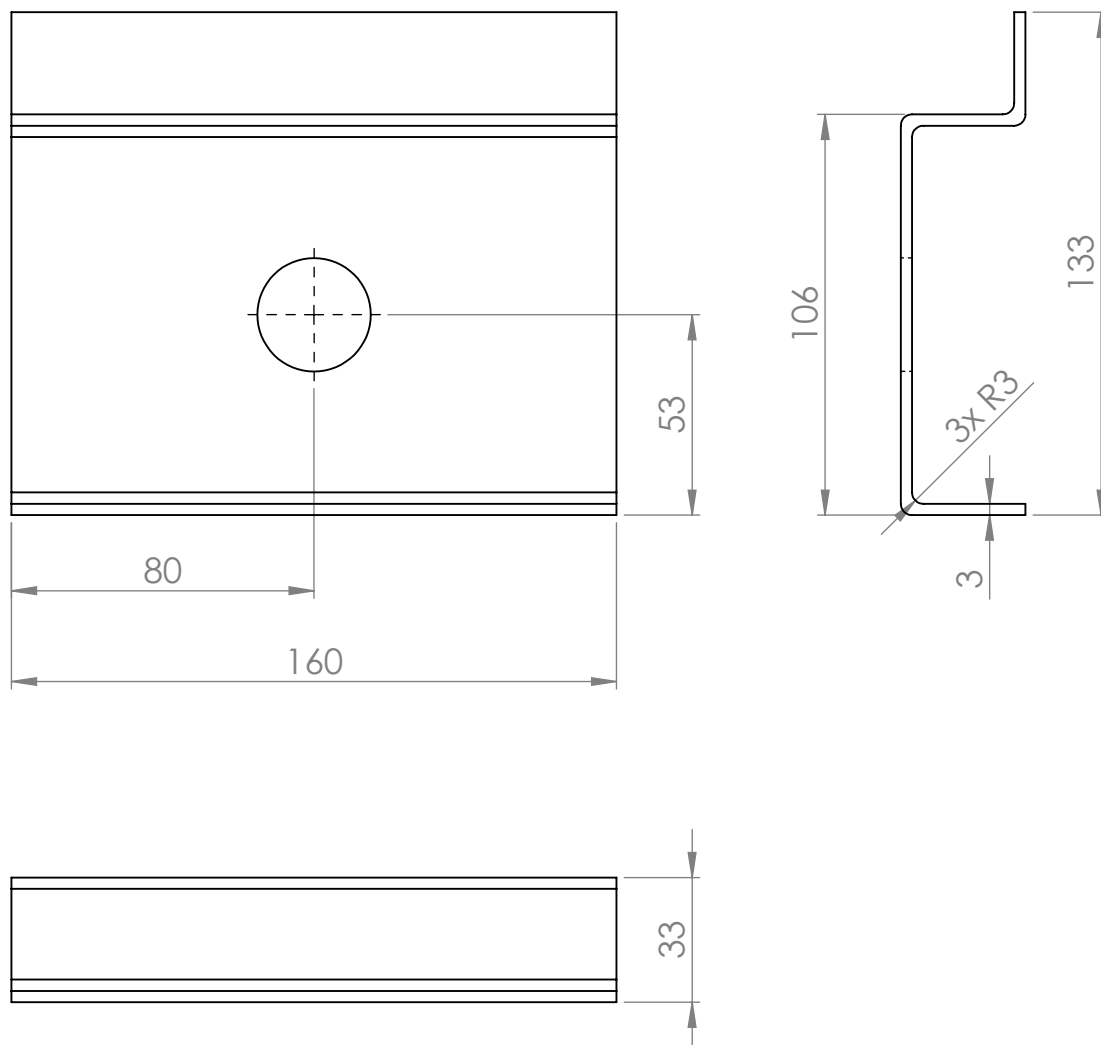
		Tagatule kandur, Al	TN 17/130271 D 01 03 D	2	Detail 8
		Toruprofiil 40x60x3, S355J2H		1	Detail 7
		Kinnituskõrv 40x60x3, S355J2H	TN 17/130271 D 01 02 D	12	Detail 6
		Pikitala 40x60x4, S355J2H		2	Detail 5
		Ristitala 40x60x3, S355J2H		6	Detail 4
		Toruprofiil 40x60x3, S355J2H		2	Detail 3
		Kinnituskõrv #4mm, S355J2H	TN 17/130271 D 01 01 D	8	Detail 2
		Toruprofiil 40x60x3, S355J2H		1	Detail 1
Osa	Väli	Nimetus, materjal	Tähis	Hulk	Märkus
		Materjal: Teras S235JR	Märkimata piirhälbed: ISO 2768-m	Mass:	Mõõt: 1:25
Teostas	M. Haug		Furgooni šassii		
Kontrollis	L. Käis				
Kinnitas					
		Eesti Maaülikool EMU Estonian University of Life Sciences	Leht: 1/1	Tähis: TN 17/130271 D 01 K	





	<i>Materjal:</i> Teras #4mm S355J2H	<i>Märkimata piirhälbed:</i> ISO 2768-m	<i>Mass:</i>	<i>Mõõt:</i> 1:2
<i>Teostas</i>	M. Haug		<i>Nimetus:</i> Šassii toruraami suur kinnituskõrv	
<i>Kontrollis</i>	L. Käis			
<i>Kinnitas</i>				
	Eesti Maaülikool Estonian University of Life Sciences	<i>Leht:</i> 1/1	<i>Tähis:</i> TN 17/130271 D 01 01 D	

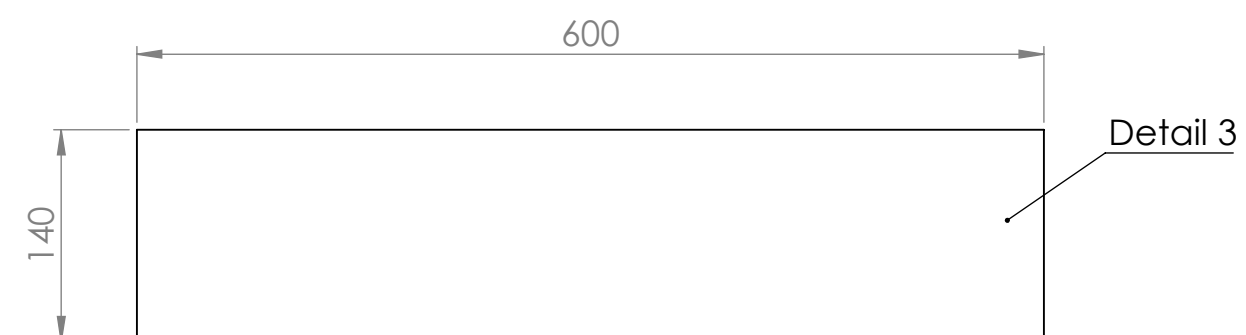
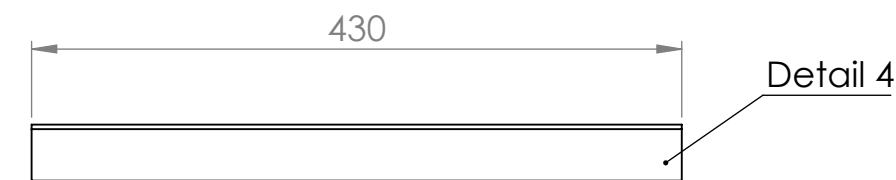
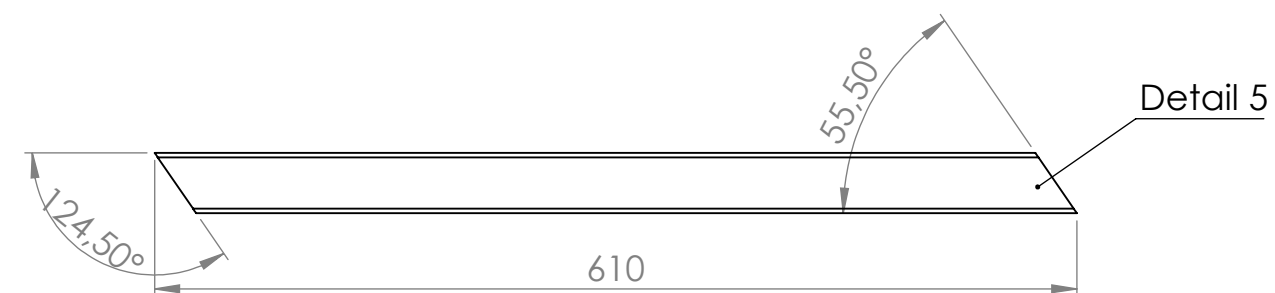
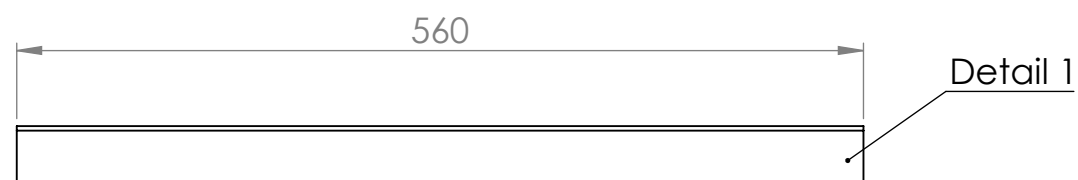
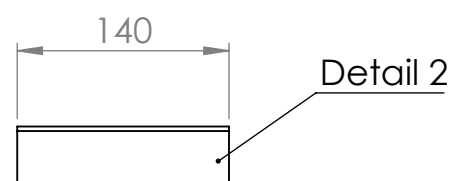
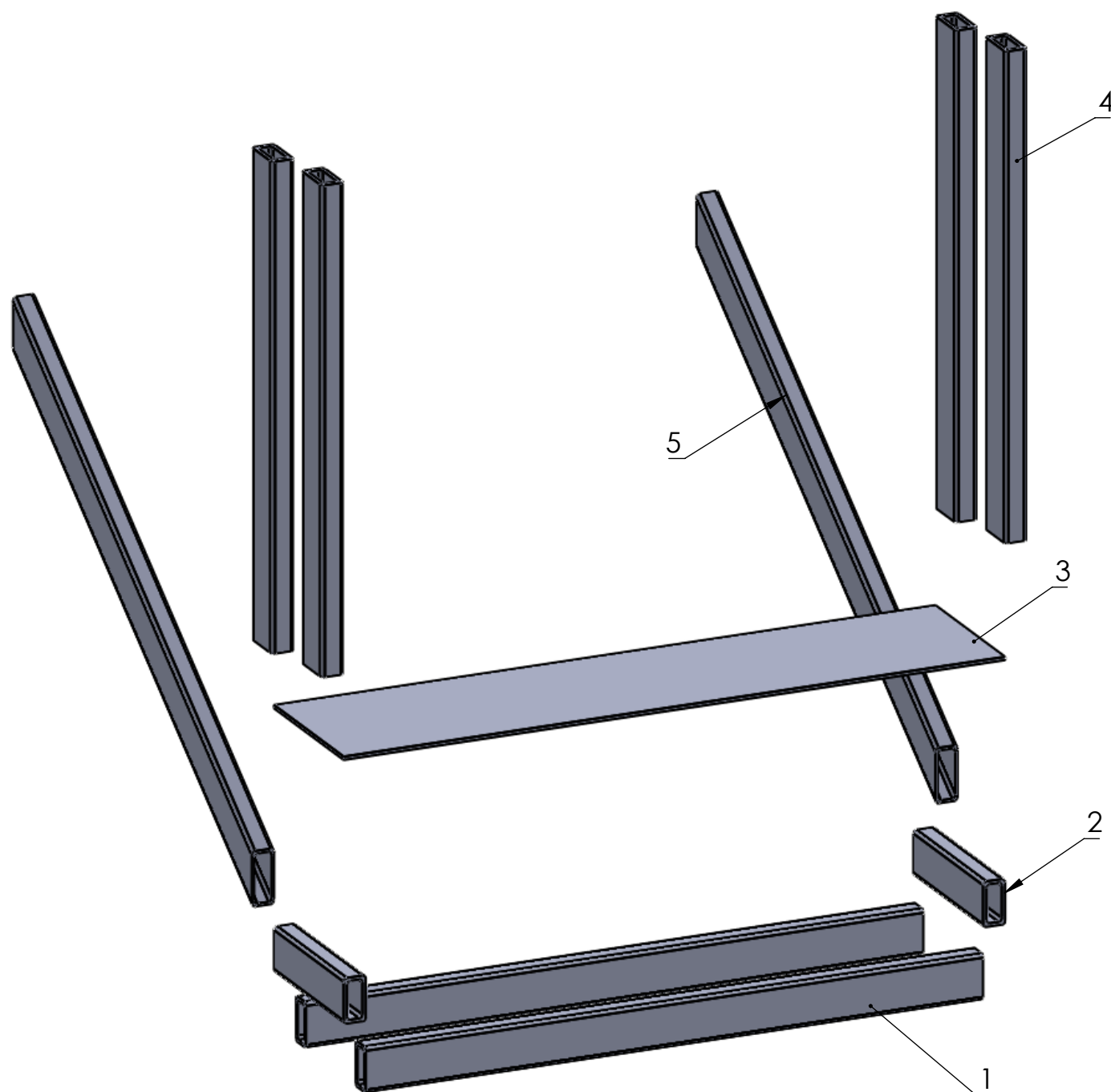


	Materjal: Teras #3mm S355J2H	Märkimata piirhälbed: ISO 2768-m	Mass:	Mõõt: 1:1
Teostas	M. Haug		Nimetus: Šassii toruraami väike kinnituskõrv	
Kontrollis	L. Käis			
Kinnitas				
 Eesti Maaülikool Estonian University of Life Sciences		Leht: 1/1	Tähis: TN 17/130271 D 01 02 D	



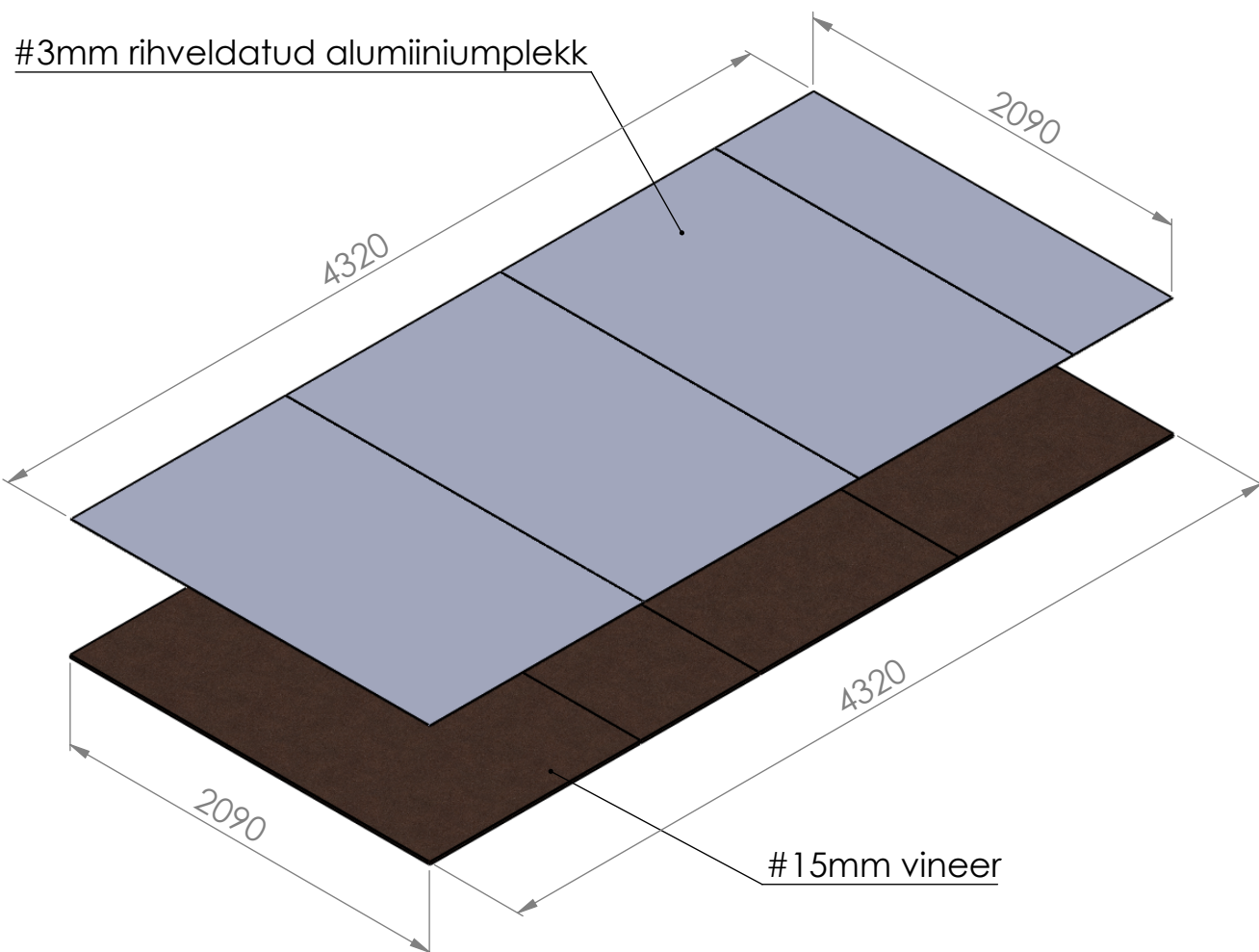
	Materjal: Anodeeritud Al #3mm		Märkimata piirhälbed: ISO 2768-m	Mass:	Mõõt: 1:2
Teostas	M. Haug		Nimetus: Tagatule kandur šassii tagaosas		
Kontrollis	L. Käis				
Kinnitas					
 Eesti Maaülikool Estonian University of Life Sciences			Leht: 1/1	Tähis: TN 17/130271 D 01 03 D	


LISA E – FURGOONI TREPIASTE



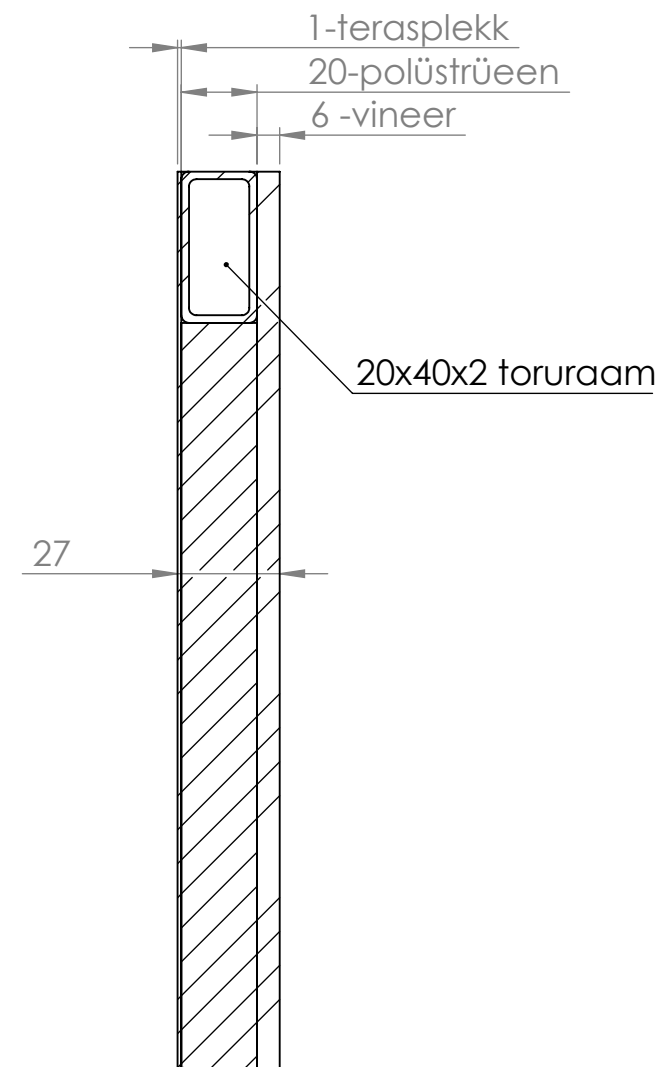
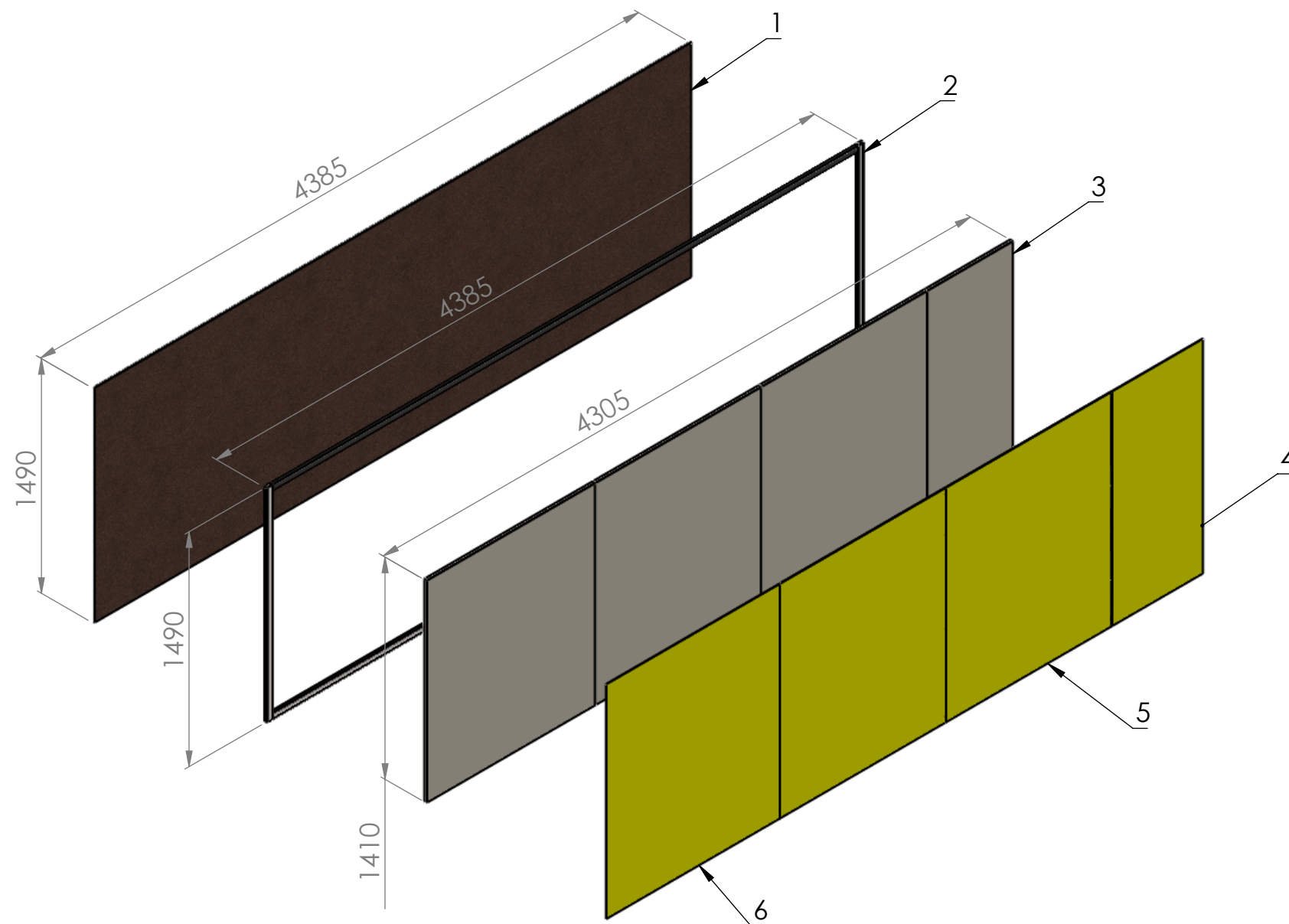
		Toruprofiil 20x40x3, S355J2H		2	Detail 5
		Toruprofiil 20x40x3, S355J2H		4	Detail 4
		Rihv. terasleht #5mm, S355J2		1	Detail 3
		Toruprofiil 20x40x3, S355J2H		2	Detail 2
		Toruprofiil 20x40x3, S355J2H		2	Detail 1
Osa	Väli	Nimetus, materjal	Tähis	Hulk	Märkus
		Materjal: Teras S235JR	Märkimata piirhälbed: ISO 2768-m	Mass:	Mõõt: 1:5
Teostas	M. Haug		Furgooni trepiaste		
Kontrollis	L. Käis				
Kinnitas					
		Eesti Maaülikool EMU Estonian University of Life Sciences	Leht: 1/1	Tähis: TN 17/130271 E 02 K	

LISA F – FURGOONI PÕRAND

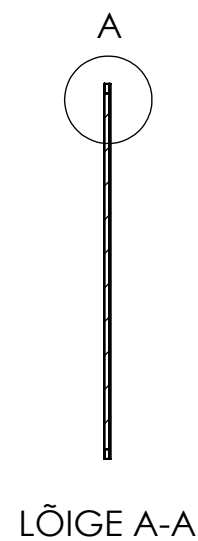
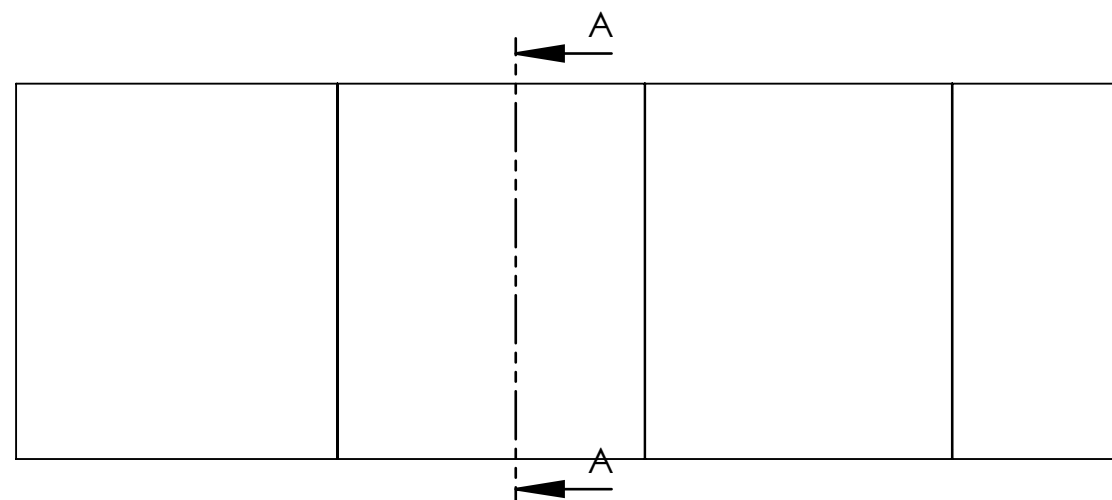


	Materjal: Vineer + rihv. Al		Märkimata piirhálbed: ISO 2768-m	Mass:	Mõõt: 1:30
Teostas	M. Haug		Nimetus: Furgooni põrandakihid		
Kontrollis	L. Käis				
Kinnitas					
 Eesti Maaülikool Estonian University of Life Sciences			Leht: 1/1	Tähis: TN 17/130271 F 03 K	


LISA G – FURGOONI SEINAPANEELIDE JOONIS

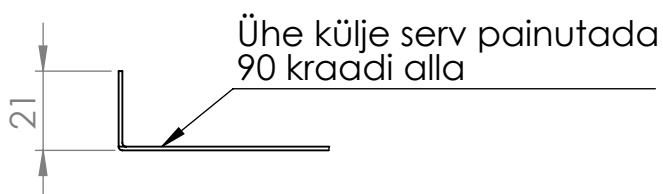
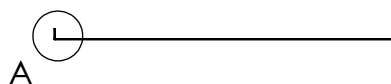
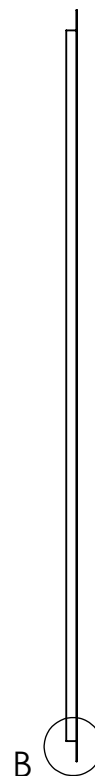
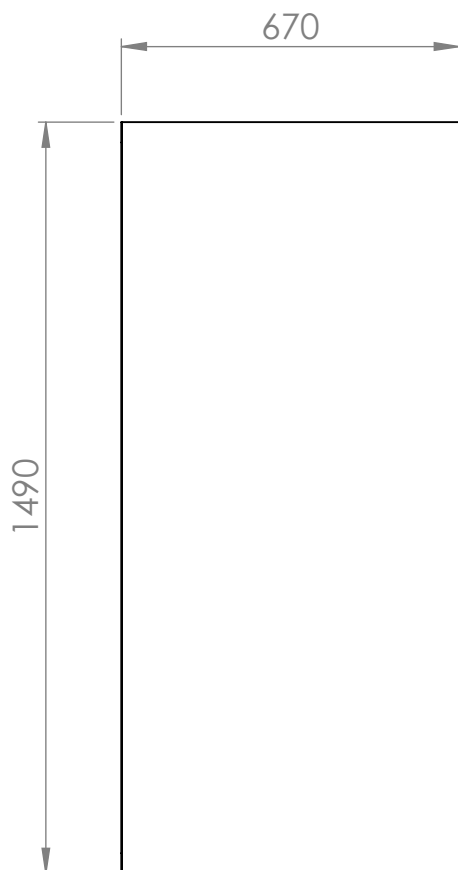


LÖIKE A-A
SUURENDUS A
SKAALA 1 : 2

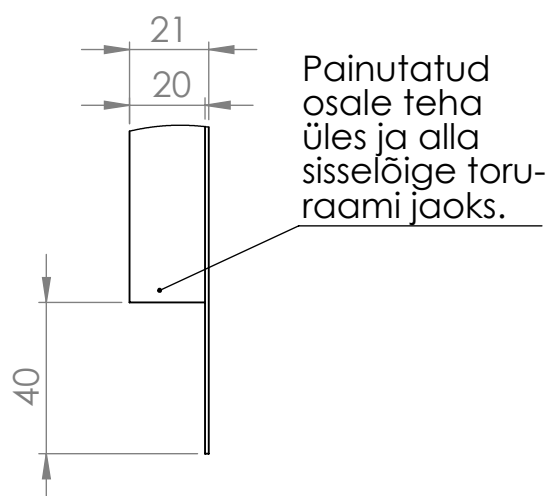


LÖIKE A-A

		Terasplekist väliskihht, S235	TN 17/130271 G 04 03 D	1	Detail 5
		Terasplekist väliskihht, S235	TN 17/130271 G 04 02 D	2	Detail 5
		Terasplekist väliskihht, S235	TN 17/130271 G 04 01 D	1	Detail 4
		Polüstüreen paneel #21mm		1	Detail 3
		Toruraam 20x40x2, S235		1	Detail 2
		Veekindel vineer #6mm		1	Detail 1
Osa	Väli	Nimetus, materjal	Tähis	Hulk	Märkus
		Materjal:	Märkimata piirhälbed: ISO 2768-m	Mass:	Mõõt: 1:30
Teostas	M. Haug		Nimetus:	Furgooni külgmised seinapaneelid	
Kontrollis	L. Käis				
Kinnitas					
 Eesti Maaülikool Estonian University of Life Sciences			Leht: 1/1	Tähis: TN 17/130271 G 04 K	

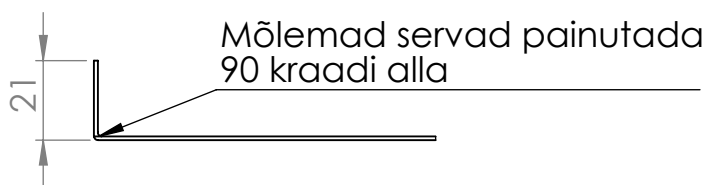
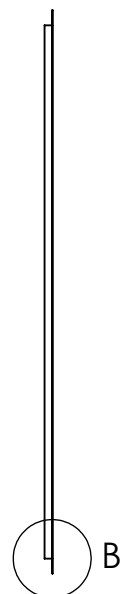
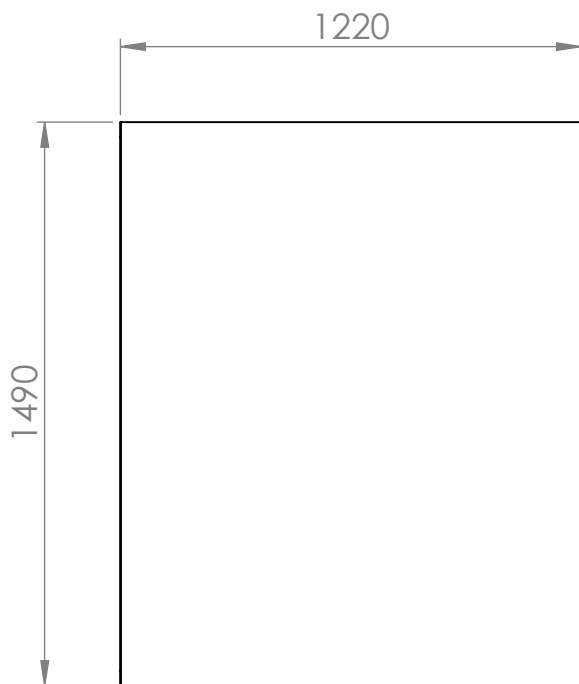


SUURENDUS A
SKAALA 1 : 2

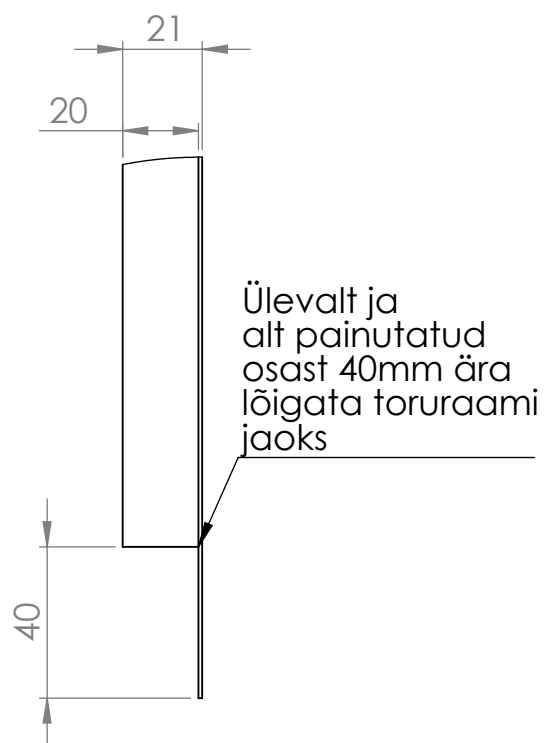


SUURENDUS B
SKAALA 1 : 2


	Materjal: Terasplekk #1mm S235JR		Märkimata piirhálbed: ISO 2768-m	Mass:	Mõõt: 1:15
Teostas	M. Haug		Nimetus: Külgseina plekk_kitsaim		
Kontrollis	L. Käis				
Kinnitas					
Eesti Maaülikool Estonian University of Life Sciences			Leht: 1/1	Tähis: TN 17/130271 G 04 01 D	

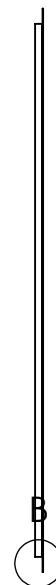
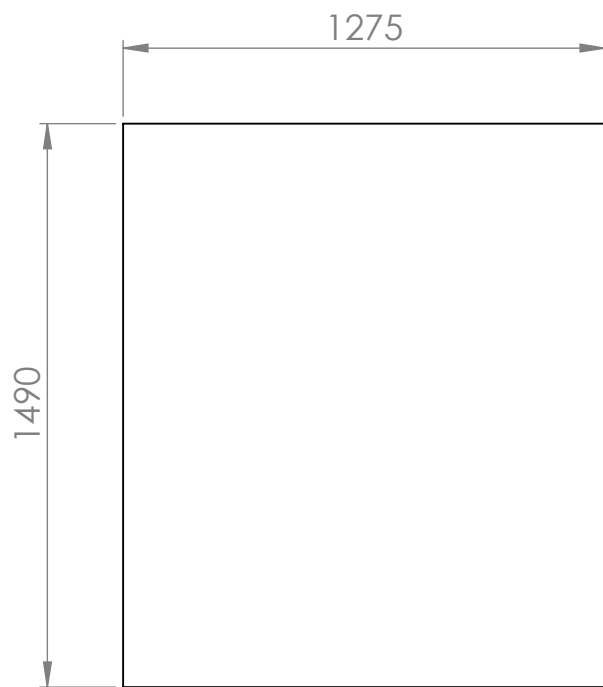


SUURENDUS A
SKAALA 1 : 2

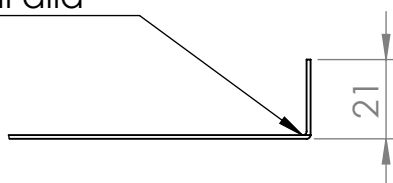


SUURENDUS B
SKAALA 1 : 2

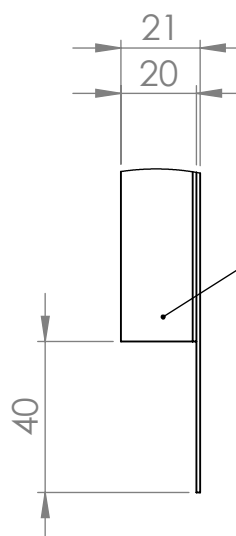
	Materjal: Terasplekk #1mm, S235JR	Märkimata piirhálbed: ISO 2768-m	Mass:	Mõõt: 1:20
Teostas	M. Haug		Nimetus: Külgseina plekk_keskmine	
Kontrollis	L. Käis			
Kinnitas				
 Eesti Maaülikool Estonian University of Life Sciences		Leht: 1/1	Tähis: TN 17/130271 G 04 02 D	



Ühe külje serv
painutada 90
kraadi alla



SUURENDUS A
SKAALA 1 : 2

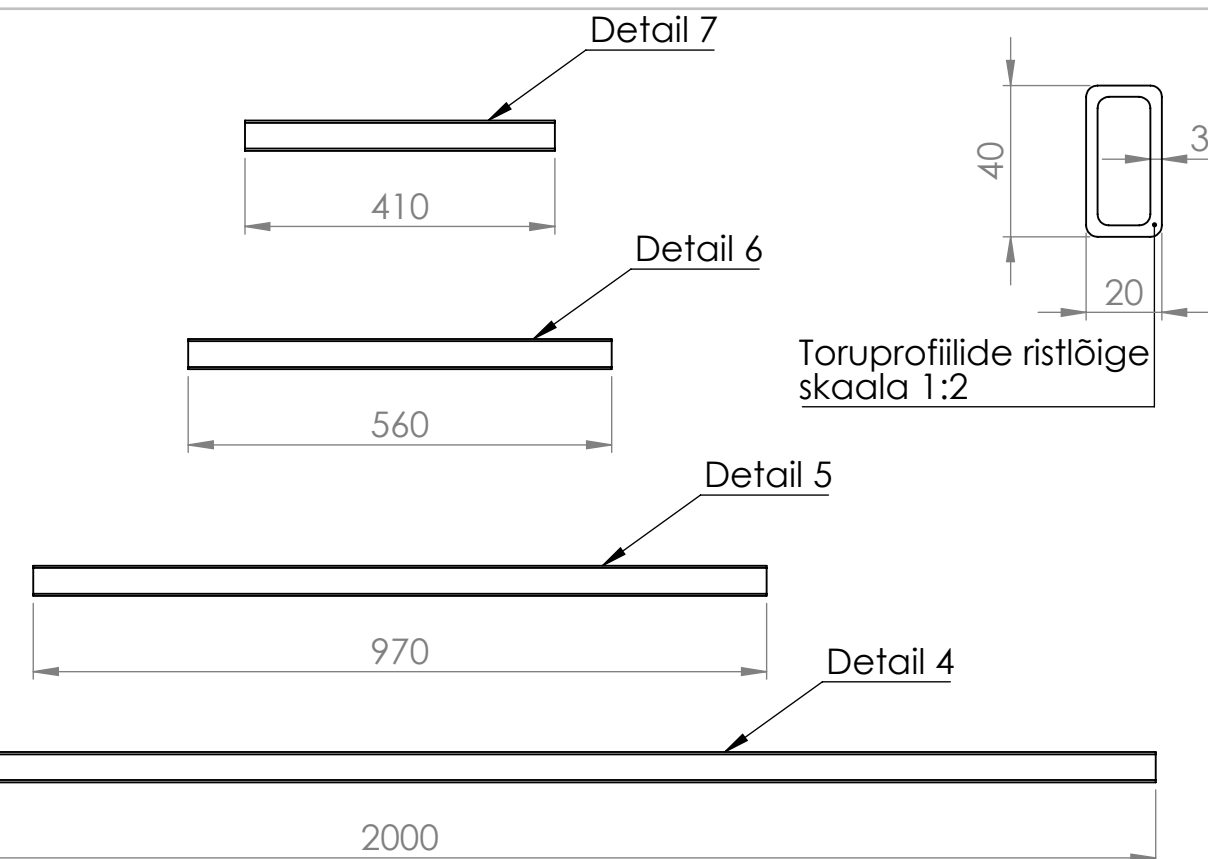
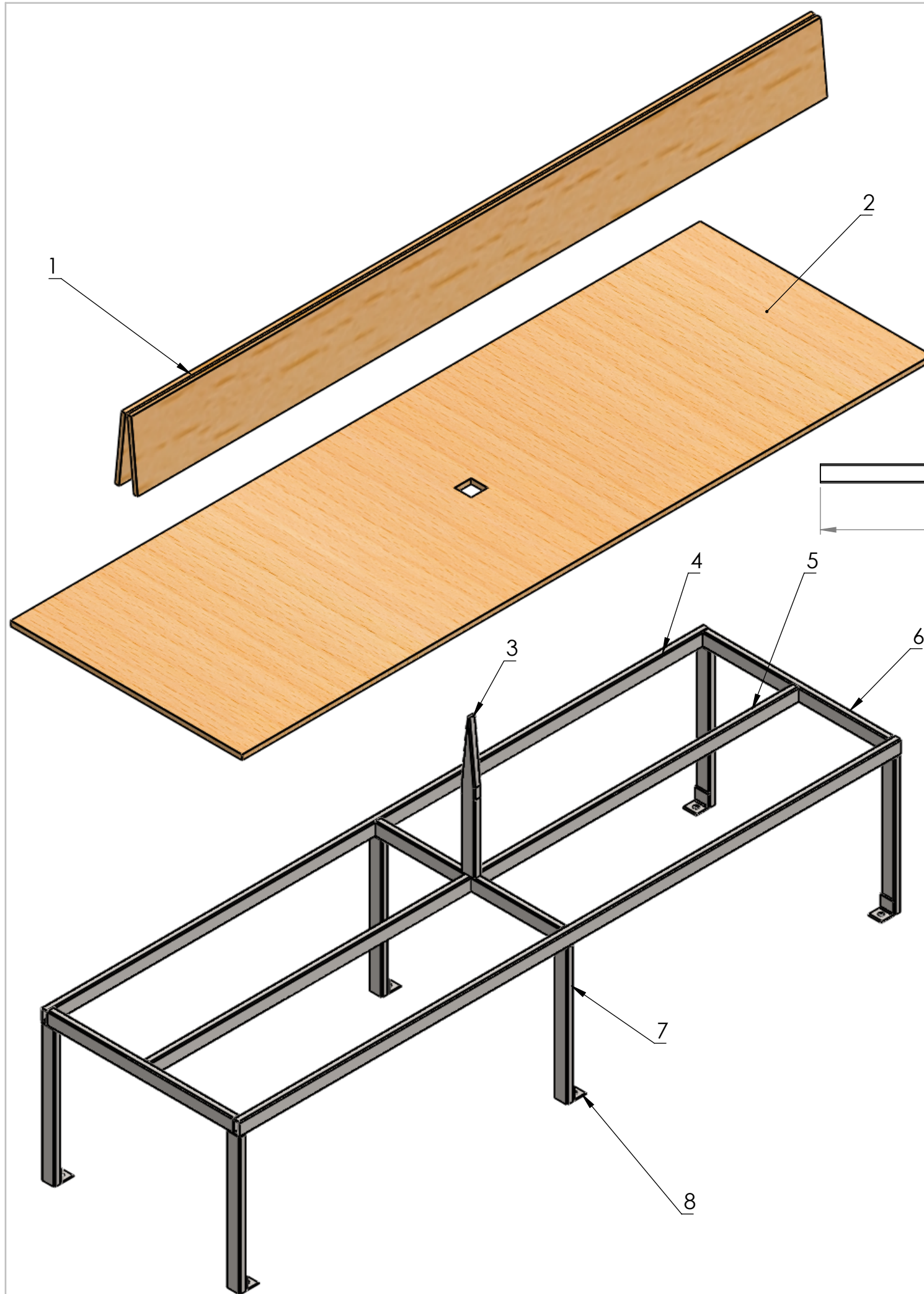


Painutatud osa
üles ja alla teha
siselõige toruraami
jaoks

SUURENDUS B
SKAALA 1 : 2

	Materjal: Terasplekk #1mm S235JR		Märkimata piirhálbed: ISO 2768-m	Mass:	Mõõt: 1:20
Teostas	M. Haug		Nimetus: Külgseina_plekk_kõige_laiem		
Kontrollis	L. Käis				
Kinnitas					
Eesti Maaülikool Estonian University of Life Sciences		Leht: 1/1	Tähis: TN 17/130271 G 04 03 D		

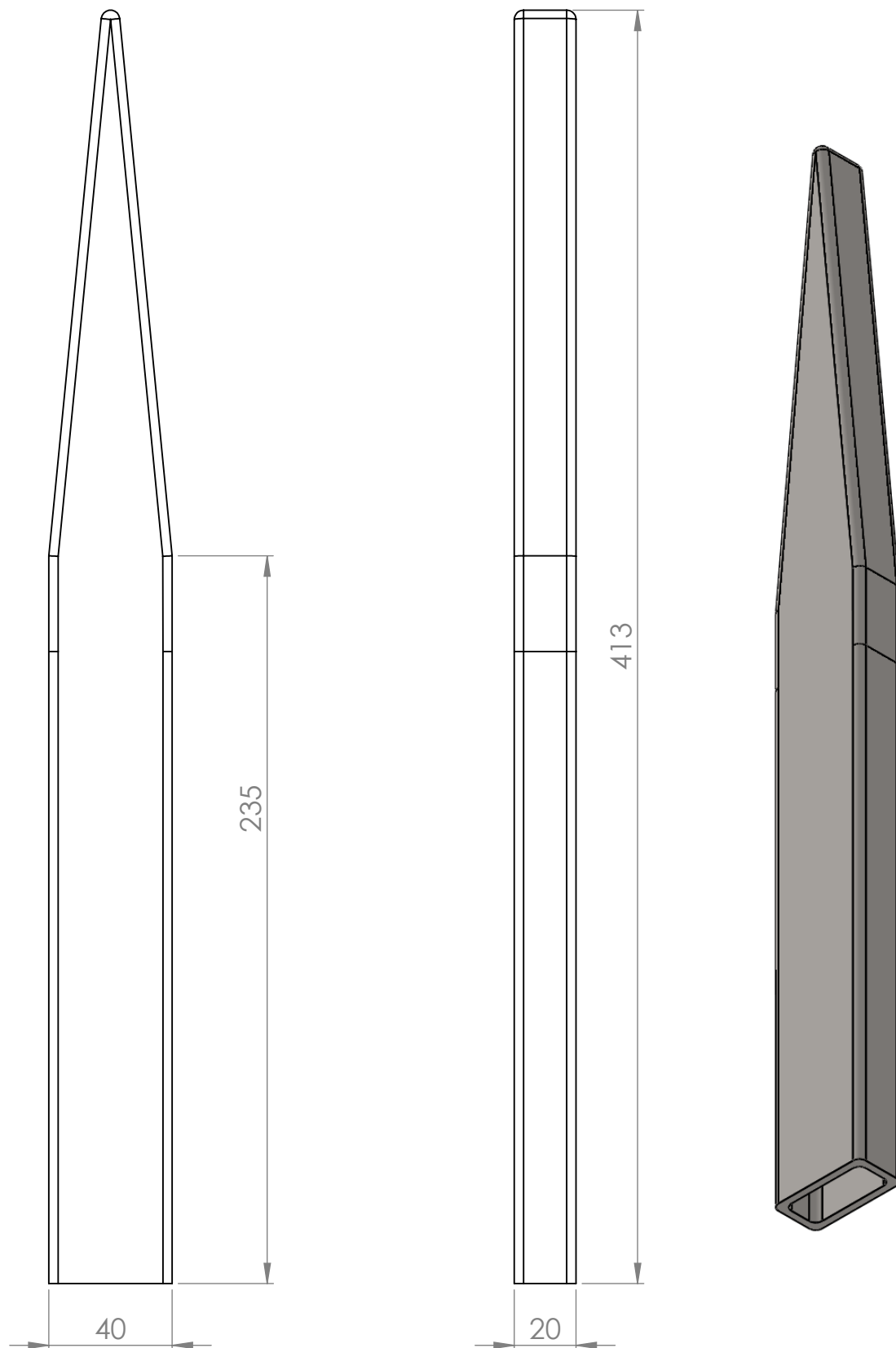
LISA H – FURGOONI KESKMINE ISTUMISPINK





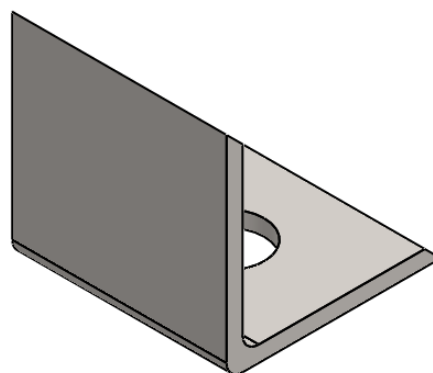
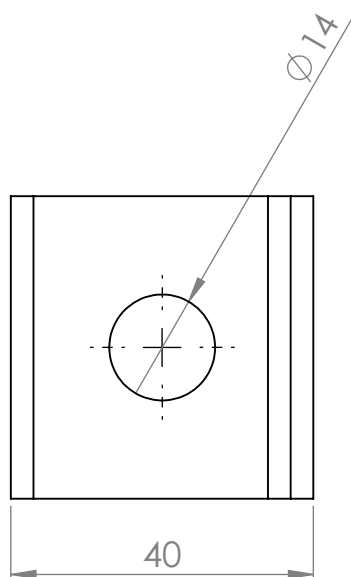
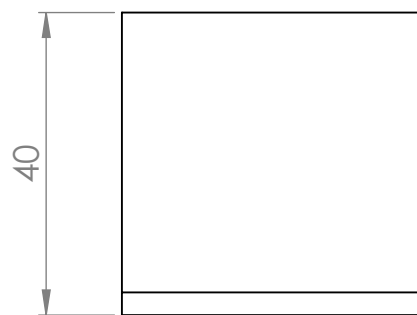
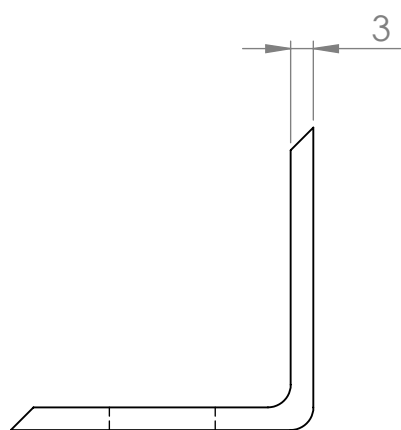
*Istumispingi seljatugi on #15mm vineerist ning
tema mõõtmed on 2085x200mm

Istumislava 2085x700mm, keskel süvistatud ava seljatoe tugiposti jaoks


		Kinnituskõrv, #4mm S235JR	TN 17/130271 H 05 02 D	6	Detail 8
		Tugijalg 20x40x3, S235JR		6	Detail 7
		Vahepõõn 20x40x3, S235JR		3	Detail 6
		Toruprofiil 20x40x3, S235JR		2	Detail 5
		Toruprofiil 20x40x3, S235JR		2	Detail 4
		Seljatoe tugi, S235JR	TN 17/130271 H 05 01 D	1	Detail 3
		Istumislava, vineer #15mm		1	Detail 2
		Seljatugi, vineer #15mm		2	Detail 1
Osa	Väli	Nimetus, materjal	Tähis	Hulk	Märkus
		Materjal: Teras S235JR	Märkimata piirhälbed: ISO 2768-m	Mass:	Mõõt: 1:10
Teostas	M. Haug		Furgooni istumispink 8 inimese jaoks		
Kontrollis	L. Käis				
Kinnitas					
			Leht: 1/1	Tähis: TN 17/130271 H 05 K	



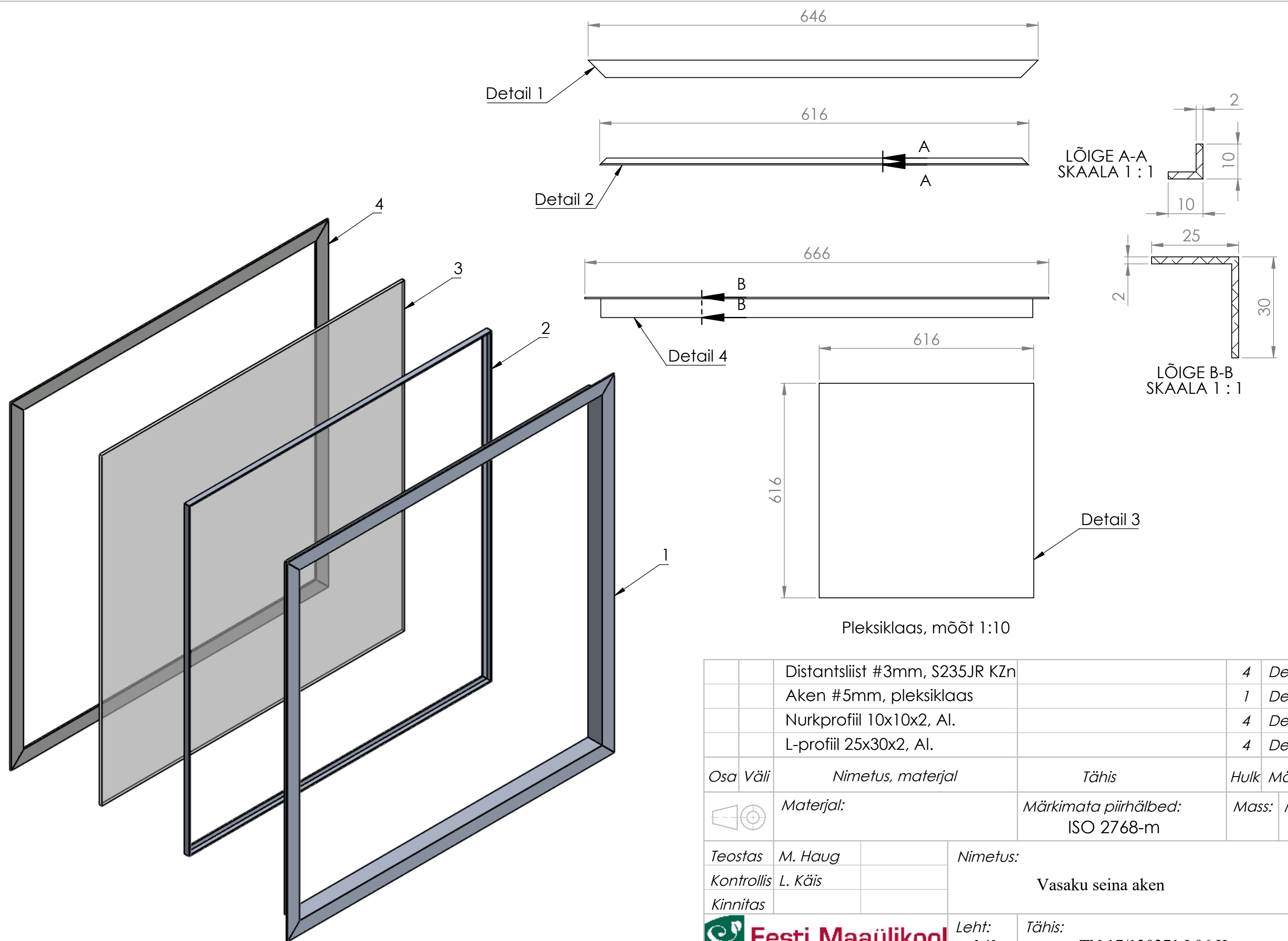
	Materjal: Terastoru 20x40x3, S235JR		Märkimata piirhálbed: ISO 2768-m	Mass:	Mõõt: 1:15
Teostas	M. Haug		Nimetus: Seljatoe tugipost		
Kontrollis	L. Käis				
Kinnitas					
 Eesti Maaülikool Estonian University of Life Sciences			Leht: 1/1	Tähis: TN 17/130271 H 05 01 D	





*Teravad servad faasida 3mm

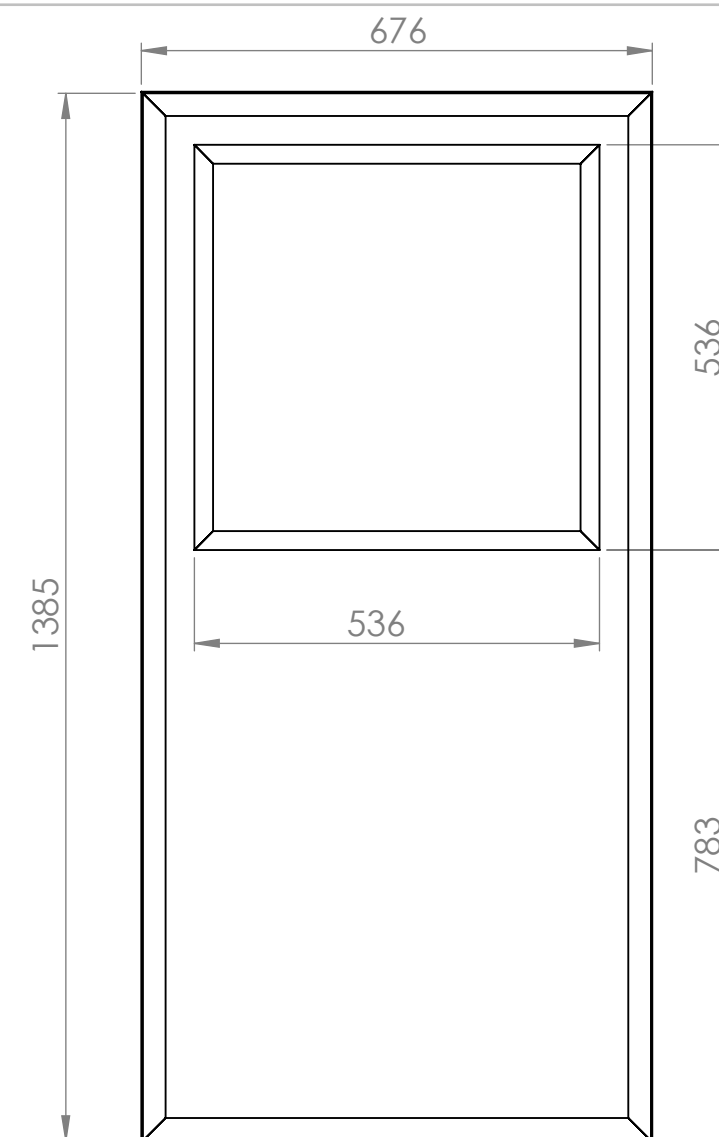
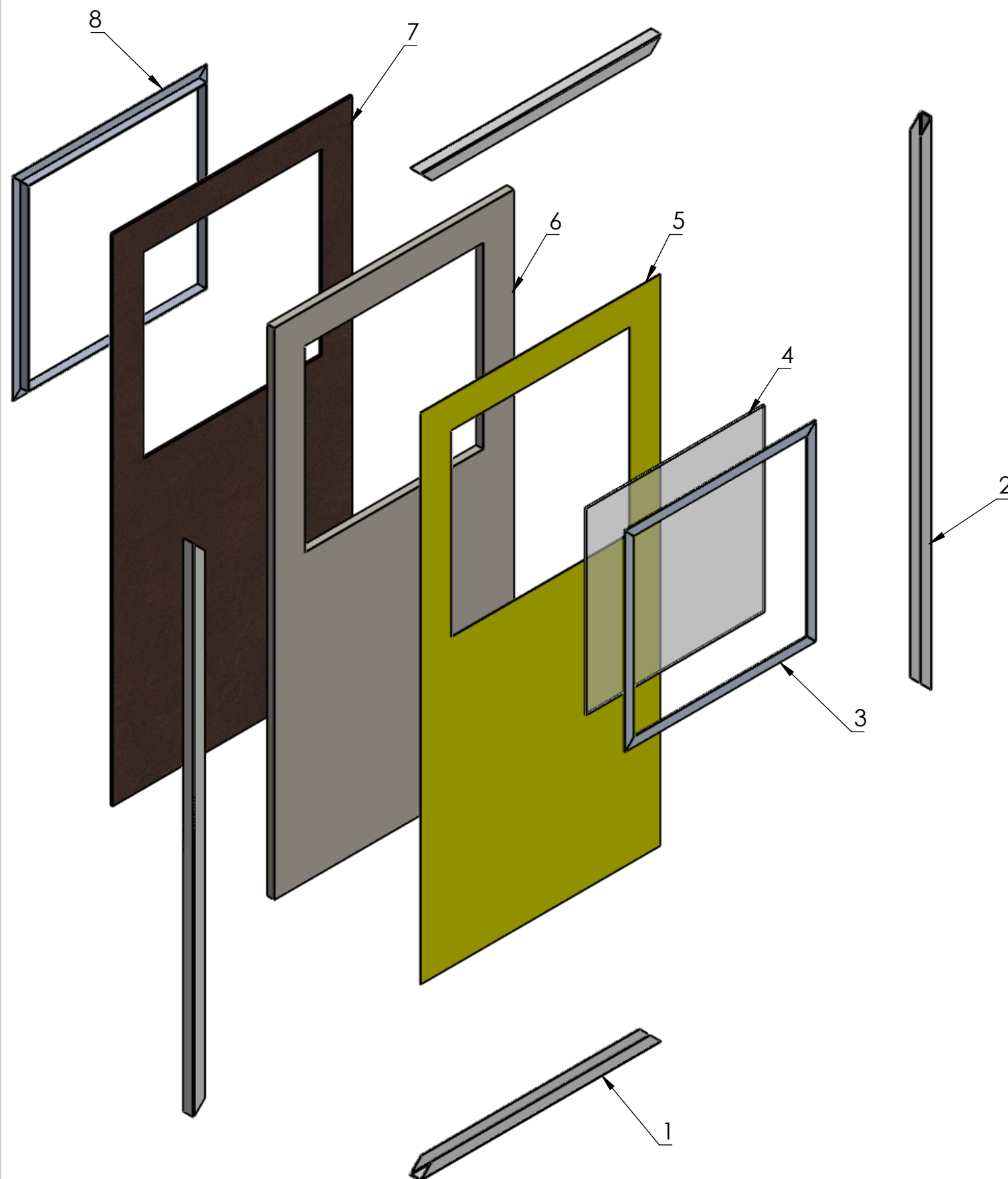
	Materjal: Lehtteras #3mm, S235JR	Märkimata piirhálbed: ISO 2768-m	Mass:	Mõõt: 1:1
Teostas	M. Haug		Nimetus: Istepingi kinnituskronstein	
Kontrollis	L. Käis			
Kinnitas				
 Eesti Maaülikool Estonian University of Life Sciences		Leht: 1/1	Tähis: TN 17/130271 H 05 02 D	

LISA I – FURGOONI AKEN



		Distantisliist #3mm, S235JR KZn	4	Detail 4	
		Aken #5mm, pleksiklaas	1	Detail 3	
		Nurkprofiil 10x10x2, Al.	4	Detail 2	
		L-profiil 25x30x2, Al.	4	Detail 1	
Osa	Väli	Nimetus, materjal	Tähis	Hulk	Märkus
		Materjal:	Märkimata piirhälbed: ISO 2768-m	Mass:	Mõõt: 1:5
Teostas	M. Haug		Vasaku seinä aken		
Kontrollis	L. Käis				
Kinnitas					
 Eesti Maaülikool			Leht: 1/1	Tähis: TN 17/130271 I 06 K	
EMÜ Estonian University of Life Sciences					

LISA J – FURGOONI UKS



*Teravad servad faasida

		L-profiil 25x30x3, Al.		4	Detail 8
		Sisekiht, #6mm vineer		1	Detail 7
		#21mm vahtpaneel, polüst.		1	Detail 6
		Terasplekk, #1mm S235JR		1	Detail 5
		Aken, #5mm pleksiklaas		1	Detail 4
		Distantслиist, #3mm S235JR KZn		4	Detail 3
		U-profiil 30, S235JR KZn		2	Detail 2
		U-profiil 30, S235JR KZn		2	Detail 1
Osa	Väli	Nimetus, materjal	Tähis	Hulk	Märkus
		Materjal:	Märkimata piirhälbed: ISO 2768-m	Mass:	Mõõt: 1:10
Teostas	M. Haug		Parema seina käiguuks		
Kontrollis	L. Käis				
Kinnitas					
		Eesti Maaülikool EMU Estonian University of Life Sciences	Leht: 1/1	Tähis: TN 17/130271 J 07 K	

LISA K – WPS NÄIDIS

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION

WPS-Nr		Tootja	
Tootja WPQR nr.		Aadress	

Keevisliite ja -õmbluse liik	FW
Keevitamise asend	PA; PB

Liite visand	Keevitamise järjekord

Põhimaterjal
Põhimaterjali liik EN ISO 15608
Põhimaterjali paksus (mm)
Toru välisläbimõõt (mm)

A	B
EN 10025-2 S235JR - S355J2	
1.1 - 1.2	
5-6	
-	

Keevituse üksikasjad													
Läbim	Keevitus- protsess	Lisa- materjal Ø (mm)	Traadi etteande- kirus (m/min)	Voolutugevus (A)		Pingeline (V)		Voolu liik, polaarsus	Keevituskirrus (cm/min)		Gaasivoolu- hulk (l/min)	Soojussisestus Q (kJ/mm)	
1	135	1,0	15,2	180	200	19,5	21	DC+	1,4	1,5	15,2	1,20	1,34

Lisainformatsioon (Vajadusel)

Lisamaterjal
Lisamaterjali tootja, kaubamärgi nimetus
Lisamaterjali kuivatamine, ladustamine
Kaitsegaas
Kaitsegaasi tootja, kaubamärgi nimetus
Servade ettevalmistamine ja puhastamine
Juure avamine
Juuretugi
Juurekaitsegaasi vooluhulk, l/min

Maksimaalne võngutamise laius
Elektrikaare liik EN ISO 4063
Gaasisuunaja siseläbimõõt, mm
Gaasisuunaja nr

Wolframelektroodi liik, läbimõõt (mm)

EN ISO 14143-A G42 43Si1
WEKO 2 /G3Si1
vastavalt tootja nõuetele
EN ISO 14175-M21
Ferroline C 20
Termiline / mehaaniline
-
-
-
S
15-18
-
-

Välisõhu temperatuur, min °C
Eelkuumutus, °C
Läbimitevaheline temperatuur, max°C

15
20
180

Keevituskoodinaator

IWS,

Kuupäev

20.03.2017

Allkiri

LISA L – HANKETINGIMUSED

Allmaa inimveo furgoonautode ostmine

TEHNILINE KIRJELDUS

Üldtingimused

Ostetakse 4 (neli) vähemalt 3 000 kg kandevõimega ja 24-kohalise furgooniga veokit inimeste veoks.

Allmaa-kaeveõõned kõrgusega alates 2,6 m ja laiusega alates 5 m, pikikalded kuni 12%, õhutemperatuur 6-8⁰ C, õhuniiskus >90 %. Rasked teeolud, kohati palju vett.

Pealmaa tööstusterritoorium kõvakattega, õhutemperatuur +30 kuni - 30⁰ C.

Pidev töökeskkonna muutus: köetav kinnine angaar – välitingimustes pealmaa tööstusterritoorium – allmaa kaeveõõned.

Furgoonautosid kasutatakse kinnisel tööstusterritooriumil ja ei kuulu registreerimisele liiklusregistris.

Kaup peab vastama EV-s kehtivatele normatiivaktidele ja tehnilistele nõuetele (välja arvatud registreerimine ARK-s).

Baasmasina tehnilised tingimused

1. Üldnäitajad	Kandevõime vähemalt 3 000 kg Kõrgus kuni 2 400 mm Pikkus (koos furgooniga) kuni 7 000 mm Kliirens vähemalt 175 mm Teljevahe kuni 4 325 mm Pöörderaadius (välimine) kuni 15,6 m. Furgooni põranda kõrgus (maapinnast) kuni 850 mm
2. Mootor, küttesüsteem	EURO nõuetele vastav diiselmootor ilma DPF-tahmafiltrita Kütusefilter veeseparaatoriga + lisaseparaator (mootoriruumis) Õhuvõtt vähemalt 1,5 m kõrguselt Kiirusepiirang (max 45 km/h) Lukustatav kütusepaak min 70 l

3. Kabiin	Istekohti 1+2 Juhi ja kõrvalistujate turvapadjad Istmed kunstnahast ja vahetatavate katetega Kummist põrandakatted, porivannidega Galvaniseeritud kabiin Metallist põhjakaitse Värv – kollane
4. Veermik, jõuülekanne	Roolivõimendi Manuaalkäigukast, käigukang armatuurilaua Tagasillavedu Stabilisaatorid esisillal Tugevdatud stabilisaatorid tagasillal Tugevdatud vedrustus (3-leheline) ja raamistik (nn “halva tee pakett”) Veeremi liigendite ja laagrite määrimisvõimalus Ketaspidurid (esimesed + tagumised), automaatse reguleerimisega Esi- ja tagaratastel porikaitse M+S rehvid ESP – stabiilsuskontroll ABS – blokeerimisvastane pidurisüsteem ASR – veojõu kontrollseade
5. Valgustus, elektrisüsteem	Elektrisüsteem 12 V Automaatsed päevatuled Lisatuled kabiini ülaservides Lisatuli tagurdamiseks Elektrisoojendusega tagavaatepeeglid Elektriseadmed (s.h. generaator ja starter) peavad olema kaitstud mehaaniliste vigastuste, vee, pori ja tolmu eest Veekindlad lambikorpused Juhtmestik kaetud happe/leelisekindla mastiksiga (täiendav töötlemine) Akumulaatori kiire eemaldamise võimalus (ilma erivõtmeta)
6. Ohutusvarustus	1 vahtkustuti kabiinis, 2 pulberkustutit furgoonis

	Esmaabikomplekt, ohukolmnurk, tõkiskingad
7. Lisavarustus ja erinõuded	Mehhaaniline massilüliti juhiistme kõrval kergesti ligipääsetavas kohas Komplektne varuratas (kinnitusega furgooni tagaseinal) Süütevõtmete komplekt (4 tk) Hooldusriistade komplekt, sh rattavõti ja tungraud Baasauto varuosade kataloog "on-line" süsteemis
8. Garanti- ja hooldustingimused	Garantiaeg mitte vähem kui 3 aastat või 100 000 km Kabiini läbiroostetamise kaitse vähemalt 10 aastat Garantiaegne esimene hooldus ja selle materjalid sisalduvad masina hinnas Garantiaegne tehniline hooldus Pakkumus baasauto garantiaegsele tehnilisele hooldusele koos materjalidega Hooldusteenuse korraldamine Estonia kaevanduse remondibaasis
Muud tingimused	Pakkuja esitab kinnituse, et aktsepteerib rahvusvaheliste standarditele vastavate Hankija määrdeainete, filtrite ja materjalide kasutamist. Garantii ajal kasutatakse töövõtja filtreid ja määrdeaineid. Baasauto ametlik esindus Ida-Virumaal.

Kaubaga koos esitatavad dokumendid:

- Kasutus-, ohutus- ja hooldusjuhendid (eesti- ja venekeelsed).
- Tehniline dokumentatsioon, s.h. ohutusnõuetele vastavuse deklaratsioon.

Furgooni tehnilised tingimused

Värv - vastavalt baasmasina kabiini värvile.

Mõõdud:

- kõrgus kuni 1 500 mm;
- pikkus 4 200 kuni 4 500 mm;
- laius 2 150 mm.

Soojustatud furgoon, pestav vooderdus.

Põrand rihveldatud alumiiniumplekist 3 mm.

Katus väljast kaetud rihveldatud alumiiniumplekiga 3 mm, ühes tükis (liitekohad täispikkuses kinni keevitatud).

Paremal pool 3 väljapoole avanevat ust, laiusega 700 mm, koos akendega.

Vastupidavad uksekingid ja lukustusmehhanismid.

Vasakul pool 3 akent 600×600 mm.

Istmed: 6 rida pinke 24 inimesele.

Pingid dermatiinpolstriga, istmelava laius 350 mm, seljatoe kõrgus 450 mm.

Reguleeritav sundventilatsioon, 1 200 m³/h.
Kabiinist lülitatav sisevalgustus.
Kabiinist lülitatavad lisatagatuled (2 tk) furgooni ees külgedel (kaitstud).
Helkurid furgooni tagaülanurkades.
Kabiini ja furgooni vahel aken lükandklaasiga.
Kabiini ja furgooni “pehme” ja veekindel ühendus.
Trepid astmega:
Furgooni kinnitatud pulberkustutid (2 tk, 6 kg).

Märkus: Kõikide lisavalgustitena kasutada LED-valgusteid.

LISA M - LIHTLITSENTS

Mina, _____,

(*autori nimi*)

sünniaeg _____,

1) annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö

_____,

(*lõputöö pealkiri*)

mille juhendaja(d) on _____,

(*juhendaja(te) nimi*)

salvestamiseks säilitamise eesmärgil, sh digitaalarhiivis DSpace säilitamise eesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2) olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3) kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor _____

(*allkiri*)

Tartu, _____

(*kuupäev*)

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta.

Luban lõputöö kaitsmisele.

(*juhendaja nimi ja allkiri*)

(*kuupäev*)